

TARTU ÜLIKOOL  
Arvutiteaduse instituut  
Informaatika õppekava

Kerstin Äkke

# Peeeglite kasutamine arvutimängus

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Raimond-Hendrik Tunnel, MSc

Tartu 2018

## **Peeglite kasutamine arvutimängus**

### **Lühikokkuvõte:**

Käesolevas töös kirjeldatakse võimalikke funktsionaalsete peeglite kasutamisel põhinevaid mängumehaanikaid. Lähtutakse mänguvoo mudelist, et disainida arvutimäng, mille põhimehaanika on üks kirjeldatud mängumehaanikatest. Hinnatakse valminud arvutimängu vastavust mänguvoo mudelile ja üldist mängukogemust kasutajatel testimise põhjal.

### **Võtmesõnad:**

peegeldused, peeglid, arvutigraafika, arvutimängud

**CERCS:** P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

## **Using mirrors in computer game**

### **Abstract:**

This thesis describes possible game mechanics based on the use of functional mirrors. The GameFlow model is used as a guide in developing a computer game that uses one of the previously described mechanics as a core mechanic. Fulfillment of The GameFlow model conditions and general user experience are evaluated based on user testing.

### **Keywords:**

reflections, mirrors, computer graphics, computer games

**CERCS:** P170 Computer science, numerical analysis, systems, control

# Sisukord

<b>1</b>	<b>Sissejuhatus</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Mängudisain</b>	<b>6</b>
2.1	Mõisted . . . . .	6
2.2	Voo mudel . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Peeglite mehaanikad</b>	<b>11</b>
3.1	Peegeldustel põhinevad mõistatused . . . . .	11
3.1.1	Suundade vahetus . . . . .	12
3.1.2	Mustrid . . . . .	13
3.2	Peeglid kui portaalid . . . . .	14
3.2.1	Lihtne läbimine . . . . .	15
3.2.2	Vaatest sõltuv tulemus . . . . .	15
3.2.3	Kõrvalefektid . . . . .	16
3.3	Omaniku ja peegelduse vaheline interaktsioon . . . . .	16
3.3.1	Sõltumatu liikumine . . . . .	17
3.3.2	Vahelduv kontroll . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Implementatsioon</b>	<b>19</b>
4.1	Mehaanikate element . . . . .	19
4.2	Tehnoloogiad . . . . .	22
4.2.1	Unity . . . . .	22
4.2.2	Peegeldused . . . . .	23
4.2.3	Malltuvastus . . . . .	25
4.3	Loo element . . . . .	26
4.4	Esteetika element . . . . .	28
4.5	Tasemed . . . . .	29
4.5.1	Sissejuhatav tase . . . . .	32
4.5.2	Esimene tase . . . . .	33
4.5.3	Teine tase . . . . .	34
4.5.4	Kolmas tase . . . . .	34
4.5.5	Neljas tase . . . . .	35

<b>5</b>	<b>Testimine</b>	<b>37</b>
5.1	Meetod . . . . .	37
5.2	Tulemused . . . . .	38
5.2.1	Tagasiside - mänguvoo element F . . . . .	40
5.2.2	Oskused - mänguvoo element C . . . . .	41
5.2.3	Selged eesmärgid - mänguvoo element E . . . . .	41
<b>6</b>	<b>Kokkuvõte</b>	<b>43</b>
	<b>Viidatud kirjandus</b>	<b>44</b>
	<b>Lisad</b>	<b>45</b>
I.	Sõnastik . . . . .	45
II.	Mäng . . . . .	47
III.	Lähtekood . . . . .	48
IV.	Mängu käivitusjuhend . . . . .	49
V.	Mängu kasutusjuhend . . . . .	50
III.	Mänguvoo mudel . . . . .	51
VII.	Testimise küsitlus . . . . .	55
VIII.	Testimise tulemused . . . . .	56
IX.	Litsents . . . . .	57

# 1 Sissejuhatus

Esimesed peeglid võeti arvutimängudes kasutusele juba paarkümmend aastat tagasi<sup>1</sup>. Sellest hoolimata on hetkel suhteliselt vähe tuntud mängu, kus leidub funktsionaalseid peegleid<sup>2</sup>. Neist mängudest vaid osad võimaldavad mängijal peegli abil midagi teha. Käesolevas töös on võetud eesmärgiks luua omapärane mäng, kus võitmiseks tuleb kasutada funktsionaalseid peegleid.

Arvutiga renderdatud (*rendered*) peeglit võib pidada funktsionaalseks, kui see vähemalt osaliselt peegeldab oma ümbrust sarnaselt ehtsale peeglile. Edasises tekstis peetakse peeglite all silmas funktsionaalseid peegleid, kui ei ole täpsustatud teisiti.

Uuritakse viise kasutada peegleid osana mängumehaanikast. Käesoleva töö käigus on loodud üks peeglitega mehaanikat põhimehaanikana kasutatav mäng. Loodud mängu on testitud. Parema kasutajakogemuse saavutamiseks lähtuti mängu arendamisel ja testimisel mänguvoo mudelist.

Esimeses peatükis kirjeldatakse mängudisainiga seotud mõisteid ja mänguvoo mudelit. Teises peatükis vaadeldakse kõigepealt, kuidas saaks peegleid ja peegeldusi mängus kasutada osana mehaanikast. Kolmandas peatükis kirjeldatakse loodud mängu ja kuidas see kuidas see vastab mänguvoo mudeli tingimustele. Viimases peatükis on kirjeldatud testimise metoodikat ja analüüsitud kasutajate tagasisidet. Tagasiside põhjal on pakutud võimalusi mängu paremaks teha. Olulisemad töös kasutatud mõisted on toodud Lisas I. Mäng on toodud lisas II ja selle lähtekood lisas III. Lisades IV ja V on vastavalt mängu käivitusjuhend ja kasutusjuhend.

---

<sup>1</sup>Duke Nukem [https://en.wikipedia.org/wiki/Duke\\_Nukem\\_3D](https://en.wikipedia.org/wiki/Duke_Nukem_3D)

<sup>2</sup>Nimekiri peegleid sisaldavatest mängudest <https://www.giantbomb.com/functional-mirrors/3015-4618/>

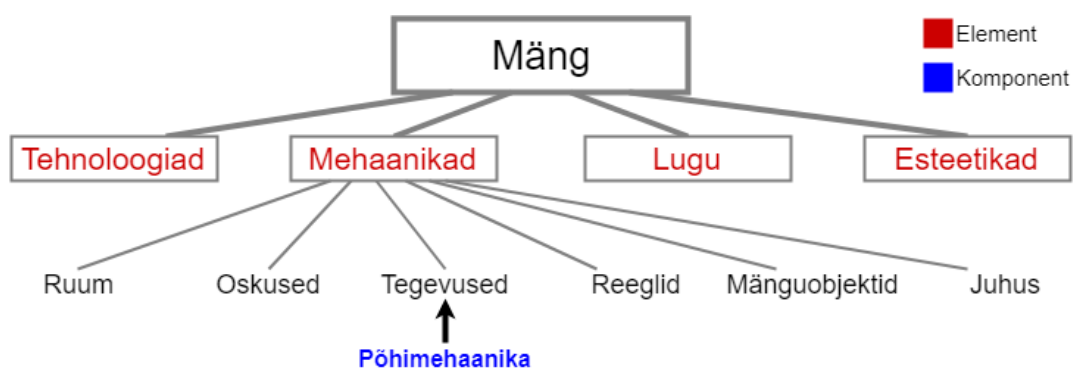
## 2 Mängudisain

Mäng koosneb paljudest komponentidest. Mängudisain on valdkond, mis püüab neid komponente süstematiseerida ja mõista nendevahelisi seoseid. Kui räägitakse mängudisainist, ei tähenda see tingimata arvutimängu-disaini. Sarnaseid põhimõtteid saab rakendada ka näiteks laua- ja spordimängudele. (Salen & Zimmerman, 2004)

Mängudisainile võib läheneda erinevalt. Käesolevas töös valiti kasutamiseks voo *flow* teooria, täpsemalt selle põhjal arvutimängudele kohandatud mänguvoo mudel textit-GameFlow model. Mänguvoo mudel on kirjeldatud teises alapeatükis 2.2. Esimeses alapeatükis 2.1 kirjeldatakse mõisted, mida edaspidi mängu erinevatele komponentidele viitamiseks kasutatakse.

### 2.1 Mõisted

Mängudisainis kasutatavad mõisted ei ole üheselt defineeritud (Niedenthal, 2009; Salen & Zimmerman, 2004; Sicart, 2008; Schell, 2008). Selles töös kasutatakse põhiliselt Schelli (2008) pakutud mõisteid, sest need hõlmavad kõiki mängu komponente. Schelli definitsioone saab kasutada mistahes mängu, sealhulgas arvutimängu kirjeldamiseks. Joonisel 1 on kujutatud käesolevas töös kasutatav mängu osadeks jaotamise mudel. Schell (2008) defineerib mängu komponentidele neli põhilist kategooriat: *mehaanikad*, *lugu*, *esteetika* ja *tehnoloogia*. Neid kategooriaid nimetatakse elementideks. Käesolevas töös keskendutakse mehaanikate elemendile.



Joonis 1. Mängu ülesehitus.

Mehaanikate hulka kuuluvad komponendid, mis määravad mängija võimalikud tegevused ning tegevuste tagajärjed. Mehaanikatel on alamkategoriad *ruum*, *mänguobjektid*, *tegevused*, *reeglid*, *oskused* ja *juhus*. (Schell, 2008) Käesolevas töös kasutatakse lisaks *põhimehaanika (core mechanic)* mõistet. Sicart (2008) defineerib põhimehaanikad kui tegevused, mida kasutatakse (korduvalt), et saavutada tasuv mängu lõppseis.

Sageli tasub põhimehaanikaks nimetada tegevus, mis on kombineeritud mitmest lihtsamast tegevusest (Sicart, 2008). Näiteks põhimehaanika „lemmiklooma eest hoolitsemine“<sup>3</sup> võib sisaldada tegevusi nagu toitmine ja harjamine. Põhimehaanika on mängu komponent (Joonis 1). Tegevus vajab enamasti toimumiseks teist tüüpi mehaanikaid, näiteks looma toitmine ja harjamine vajavad toitu ning harja. Nimetan tegevuse toimumiseks vajalikku mehaanikat tegevuse *eelduseks*. Tegevuse implementeerimine sisaldab ühtlasi selle eelduste implementeerimist.

## 2.2 Voo mudel

Kasutajate jaoks nauditava mängu loomiseks puudub kindel eeskiri. Mängudisainis kasutatakse nauditavusele (*enjoyment*) hinnangu andmiseks mõnikord voo mudelit (Salen & Zimmerman, 2004; Schell, 2008). Sweetser & Wyeth (2005) kohandasid selle põhjal mänguvoo mudeli (*GameFlow model*), mida rakendasid edukalt kahe strateegiamängu nauditavuse hindamiseks. Mudeli ingliskeelne versioon on toodud lisas VI.

Mänguvoo mudelit saab kasutada, et tuvastada ja seega vältida probleeme, mis mängu nauditavust vähendavad. Läbi võimalikult paljude mänguvoo tingimuste täitmise prooviti teha käesolevas töös loodav mäng kasutajatele meeldivaks (Peatükk 4). Loodud mängu vastavust voo mudelile hinnati läbi kasutajatestimise (Peatükk 5).

Mänguvoog koosneb kaheksast elemendist: *keskendumine*, *väljakutse*, *oskused*, *kontroll*, *selged eesmärgid*, *tagasiside*, *süüvimine (immersion)* ja *sotsiaalsus*. Neist elementidest esimesed seitse on tuletatud otseselt voo teooriast. Sotsiaalsuse element lisati, sest seda peeti oluliseks konkreetset arvutimängude nauditavuse jaoks. (Sweetser & Wyeth, 2005) Järgnevalt on kirjeldatud mänguvoo mudeli elemendid ja neile seatud tingimused.

---

<sup>3</sup>Tamagotchi <https://en.wikipedia.org/wiki/Tamagotchi>

## **A Keskendumine**

- A.1 Mängud peaksid mängijat stimuleerima paljudest eri allikatest.
- A.2 Mängude pakutav stimulatsioon peaks väärima mängija tähelepanu.
- A.3 Mäng peaks kiiresti püüdma mängija tähelepanu ja seda säilitama terve mängu jooksul.
- A.4 Mängijale ei tohiks anda mõttetuna tunduvaid ülesandeid.
- A.5 Mängu töökoormus peaks olema suur, kuid mängija võimete piirides.
- A.6 Mängijate tähelepanu ei tohiks oluliselt ülesandelt kõrvale juhtida.

## **B Väljakutse**

- B.1 Väljakutsed mängus peavad olema vastaval tasemel mängija oskustega.
- B.2 Mängud peaksid pakkuma sobivat väljakutset erineval tasemel mängijatele.
- B.3 Väljakutse peaks mängu käigus kasvama.
- B.4 Mängud peaksid sobival hetkel pakkuma uusi väljakutseid.

## **C Oskused**

- C.1 Mängija peaks saama mängimist alustada ilma juhendit lugemata.
- C.2 Mängu õppimine peaks olema lõbus.
- C.3 Mängust ei tohiks olla vajalik interneti abi saamiseks lahkuda.
- C.4 Mängu tuleks õpetada läbi õppetaseme või esimestes tasemetes. Õppimine peaks tunduma mängimisena.
- C.5 Mäng peaks suurendama mängija oskusi mängu jooksul.
- C.6 Mängijale tuleb tasuda arengu eest.
- C.7 Mängu mehaanikad ja kasutajaliides peaksid olema lihtsasti õpitavad.

## **D Kontroll**

- D.1 Mängija peaks tundma, et tal on kontroll oma tegelase või juhitavate üksuste üle.
- D.2 Mängija peaks tundma kontrolli mängu kasutajaliidese ja sisendseadmete üle.



D.3 Mängija peaks tundma, et tal on kontroll mängu üle tervikuna (mängu alustamine, salvestamine jne).

D.4 Mängijal ei tohi olla võimalust teha viga, mis mängu jätkamise võimatuks muudab. Mängijat tuleks toetada vigadest taastumisel.

D.5 Mängija peab tundma, et nende tegevused on mängumaailmas olulised.

D.6 Mängia peaks tundma, et saab mängida mängu nii nagu tahab.

## **E Selged eesmärgid**

E.1 Läbivad eesmärgid peavad olema arusaadavad ja esitatud varakult.

E.2 Vahepealsed eesmärgid peavad olema arusaadavad ja esitatud sobival hetkel.

## **F Tagasiside**

F.1 Mängija peaks saama tagasisidet eesmärgile lähemale jõudmise kohta.

F.2 Mängija peaks saama tegevustele kohest tagasisidet.

F.3 Mängija peaks alati teadma, mis on ta hetkeseis.

## **G Süüvimine**

G.1 Mängija peaks muutuma vähem teadlikuks oma reaalsest ümbrusest.

G.2 Mängija peaks muutuma vähem eneseteadlikuks ja muretsema vähem igapäevaelu pärast.

G.3 Mängijal peaks kaduma ajataju.

G.4 Mängija peaks tundma end emotsionaalselt mängu kaasatud.

G.5 Mängij peaks tundma end instinktiivselt (*viscerally*) mängu kaasatud.

## **H Sotsiaalsus**

H.1 Mängud peaksid toetama võistlemist ja koostööd mängijate vahel

H.2 Mängud peaksid toetama sotsiaalset suhtlust mängijate vahel

H.3 Mängud peaksid toetama sotsiaalsete kogukondade tekkimist sees- ja väljaspool mängu

Edaspidi viidatakse mänguvoo elementidele ja tingimustele vastavalt nende numbridusele. Käesoleva töö käigus mängu loomisel ei olnud sotsiaalsuse elemendi olemasolu tehnilise keerukuse tõttu saavutatav. Samal põhjusel jäid täitmata tingimused B.2 ja C.3. Tingimuse G.3 täitmist on raske kontrollida, sest mängijale näidatakse täpselt kui kaua aega tal kulub. Tingimus G.5 on olulisem esimeses isikus mängudes, kus mängu keskkond on elutruu (Sweetser & Wyeth, 2005). Kuna lood mängus on rõhk mõistuse, mitte instinktide kasutamisel, jäeti see tingimus arvestusest välja.

Mida tehti töö käigus loodud mängus ülejäänud tingimuste täitmiseks, kirjeldatakse peatükis 4. Testimise käigus hindasid kasutajad, kui hästi mänguvoo mudeli tingimused täideti. Peatükis 5 tehakse saadud hinnete põhjal järeldusi mängu vastavuse kohta mänguvoo mudelile. Järgnevas peatükis kirjeldatakse võimalikke peeglitel põhinevaid mehaanikaid.

### 3 Peeglite mehaanikad

Selleks, et mängija peaks peegleid mängu jooksul korduvalt kasutama, rakendatakse neid põhimehaanika eeldusena. Käesolevas peatükis pakutakse välja ideid, kuidas tegevus saab peeglitest sõltuda ja millist eesmärki võiks vaadeldava tegevusega saavutada. Pakutud võimaluste hulgast valitakse implementeerimiseks selline põhimehaanika, mis võimaldab täita mänguvoo mudeli tingimusi.

Põhimehaanika mõjutab kõige tugevamalt mänguvoo elemente *oskused* (element C) ja *väljakutse* (element B). Mänguvoo tingimuse C.7 kohaselt peaks mehaanikat olema lihtne õppida. Kõik käesolevas peatükis kirjeldatud mehaanikad täidavad seda tingimust, sest neid on võimalik lihtsustada ja õppida järk-järgult. Eeldatakse, et ühte tegevust mitmeid kordi tehes, muutub mängija selles osavamaks, mis täidab tingimust C.5. Tingimustest B.1 ja B.3 lähtuvalt tuleks valida tegevus, mille eelduste abil saab väljakutset suurendada. Järgnevates alapeatükkides kirjeldatakse peegleid mänguobjektidena ja nendega seotud tegevusi põhimehaanikana. Tegevus sobib mänguvoo mudeli põhjal põhimehaanikaks, kui on leitud viise selle eelduste abil väljakutset suurendada. Vaadeldakse kolme suuremat kategooriat: mõistatused (Peatükk 3.1), portaalid (Peatükk 3.2) ning interaktsioon peegeldusega (Peatükk 3.3).

#### 3.1 Peegeldustel põhinevad mõistatused

Mõistus (*puzzle*) on mäng, mille eesmärk on leida domineeriv strateegia (*dominant strategy*) (Schell, 2008). Domineeriv strateegia on lihtsaim viis mängus edu saavutamiseks ning enamasti garanteerib võidu. Mõistus esitab mängijale probleemi, mida lahendada. Mõistatuse mängimisel probleemi lahenduskäiku ehk domineerivat strateegiat eelnevalt teades on oskused suuremad kui väljakutse. See on vastuolus mänguvoo mudeli tingimusega B.1. Selle pärast on mõistatuse enamasti lõbus mängida vaid esimesel korral. Schell (2008) on pannud kirja mõned hea mõistatuse omadused. Järgnevalt on esitatud viis. Esimene on selge eesmärk (mänguvoo element E). Teiseks on hea mõistatusega lihtne alustada (tingimus C.1). Kui mängija ei oska kuskilt alustada, siis ta sageli ei alustagi. Kolmas omadus on mängijale tagasiside andmine (element F). Mängija peaks saama aru, kas ta jõuab lahendusele lähemale. Neljandaks, mängija peab uskuma, et mõistus on lahendatav. Eelmise omadusena toodud tagasiside andmine on selleks

üks võimalus. Viies hea mõistatuse omadus on, et selle lahendamise keerukus kasvab mängu käigus (tingimus B.3). Sarnaselt teistele mängudele, peavad mõistatused pakkuma mängijale tema oskustele vastavat väljakutset (tingimus B.1).

Mõistatuse leidub paljudes mängudes. Mõni mäng on ise mõistatus näiteks konkreetne pusle, ristsõna või mäng 2048<sup>4</sup>. Nuputamismängud (*puzzle game*) koosnevad enamasti paljudest ühendatud mõistatustest. Tegevusmängudes (*action game*) on mõistatused sageli varjatud (*implicit*) kujul (Schell, 2008). Parima strateegia leidmine vastase alistamiseks on mõistatus, kuid selle edukas rakendamine tegevusmängus eeldab osavust. Siin peatükis keskendutakse mehaanikatele, mis võimaldavad peeglitel põhinevate nuputamismängude loomist.

Peeglitest labürintid on levinud peeglitel põhinevad mõistatused. Neid kohtab pigem päris maailmas kui arvutimängus, sest peeglitest labürinti renderdamine eeldab rekursiooni tõttu suurt arvutusjõudlust. Mõnes arvutimängus, näiteks Khaba<sup>5</sup>, on probleem on suunata valguskiir õigesse kohta ja tegevus on peeglite liigutamine. Funktsionaalsete peeglite kasutamine ei lisa sellele mehaanikale midagi juurde, sest keskkonna ega mängija peegeldus kuidagi tulemust ei mõjuta. Järgnevalt on kirjeldatud kaks uuenduslikumat mehaanikat. Nende juures on vaadeldud mehaanikas kasutatud peegli eripära, võimalikku mõistatuse probleemi ning selle lahendamiseks vajalikku tegevust.

### 3.1.1 Suundade vahetus

Tavalise peegli ees seistes on peegelduses vahetuses vasak ja parem pool. Virtuaalsed peeglid saavad vahetada omavahel kõiki suundi. Peegli kui objekti eripära suundade vahetuse mehaanikas on, mis suundi see vahetab. Suundade vahetus peaks kajastuma ka peegelduses, sest siis saab peegeldust kasutada uute kontrollide tuvastamiseks.

Probleem on jõuda ajapiirangu sees sihtmärgini. Mängija karakteri ja sihtmärgi vahele tuleks lisada takistusi, mis sunnivad erinevaid kontrolle kasutama. Tegevus on liikumine. Peegli ette jõudes vahetatakse mängija poolt antud sisendid. Varasemalt edasi liikumiseks antud sisend võib liigutada mängijat vasakule või mõnes muus suunas. Peeglist sõltub see, mis suundi kontrollid edaspidi tähistavad.

Suundade vahetust saaks kasutada ka tegevusmängu mehaanikana, sest kontrollide

---

<sup>4</sup>Mäng 2048 <http://2048game.com/>

<sup>5</sup>Khaba <http://store.steampowered.com/app/338110/Khaba/>

vahetusele tuleb kiiresti reageerida. Siis tuleks igal katsel genereerida uus teekond. Kui sama taset saab proovida lõputu arv kordi, on tegemist nuputamismänguga, kuna siis on kiirest reageerimisest olulisem meelde jätta, kus on peeglid ja mida need muudavad. Mängu käigus õpib mängija reageerima erinevatele peeglitele ja ületama takistusi kiiremini. Väljakutset sobib suurendada ajapiirangu lühendamisega ning uute takistuste ja peeglite lisamisega. Kuna väljakutset saab kasvatada vastavaks oskustele, siis tegevus sobib põhimehaanikaks

### 3.1.2 Mustrid

Selle mehaanika juures ei vaja peegel erilisi omadusi. Mängu probleem on koostada peeglisse sobiv muster. Mõistatuse lihtsa alustamise jaoks võiks peeglil olla osa mustrist ja ruumis mõned staatilised mustri osad. Tegevus on mustri tükkidega objektid õigesse kohta ja asendisse paigutada. See tegevus on sarnane pusle kokku panemisele. Kui tavaliselt paigutuvad kõik pusletükid ühele tasandile<sup>6</sup>, siis siin moodustub lõplik pilt läbi perspektiivprojektsiooni peegli pinnale.

Lisaks tavalistele peeglitele saaks kasutada kõverpeegleid, et luua mitmekesisemaid mõistatusi. Sarnaselt mängudele Hellblade<sup>7</sup> ja Coign of Vantage<sup>8</sup> on üks osa lahendusest leida õige vaatenurk. Mängija karakteri peegeldus võib sealt peeglisse vaadates mustri osaliselt varjata. Seda tuleb mängu disainimisel arvestada.

Alguses tuleks väljakutset vähendada mängijat vaatenurga ja tükide paigutamisel aidates, sest muidu on see võrreldes oskustega liiga suur. Kui mängija muutub osavamaks, siis saab väljakutset kasvatada abi vähendamisega. Väljakutset lisab ka tükide arvu suurendamine ja keerulisemate mustrite kasutamine. Tegevus sobib põhimehaanikaks, sest väljakutse suurendamiseks on mitmeid võimalusi.

---

<sup>6</sup>Pusle <https://et.wikipedia.org/wiki/Pusle>

<sup>7</sup>Hellblade [http://store.steampowered.com/app/414340/Hellblade\\_Senuas\\_Sacrifice/](http://store.steampowered.com/app/414340/Hellblade_Senuas_Sacrifice/)

<sup>8</sup>Coign of vantage <https://www.crazygames.com/game/coign-of-vantage>

### 3.2 Peeglid kui portaalid

Portaale<sup>9</sup> ja peegleid, mis käituvad portaalidena<sup>10</sup>, on kasutatud arvutimängudes ka varasemalt. Arvutimängus Portal (2007) on võimalik näha keskkonda, kuhu portaal viib. Peeglitest portaalid, mis näitavad lihtsalt ruumi peegeldust mitte uut keskkonda või on mittefunktsionaalsed, nagu mängus The Evil Within (2014), võiks asendada tavalise portaaliga, ilma et mehaanika sellest muutuks. Käesolevas peatükis vaadeldakse mehaanikad, mis sõltuvad peegeldustest, et peeglite kasutamine portaalina oleks vajalik. Peeglist on nähtav esialgse ruumi peegeldus. Keskkond, kuhu jõutakse peegli läbimisel võib olla osaliselt erinev eelnevalt viibitud ruumist, kuni see on selgelt esialgse keskkonna peegeldus. Niimoodi on funktsionaalseid peegleid kasutatud arvutimängus Mirror Layers. Peegli sujuval läbimisel oleks hea, kui muutus keskkonnas jääks mängija jaoks märkamatuks. Uue ja vana keskkonna erinevused võivad ilmneda näiteks kohtades, mida mängija esialgsest peegeldusest ei näinud.

Tavaliste portaalide puhul võib olla oluline nende paigutamine nagu mängus Portal. Erinevalt tavalistest portaalidest saavad peeglid töötada vaid määratud kohtades, sest ühendatud keskkondade disainimisel tuleb lähtuda sellest, mida peeglist näha on. Peegli paigutus ei ole oluline, kui keskkonnad on täpselt teineteise peegeldused. Mängus Mirror Layers võiks peegel olla ükskõik, millisel seinal.

Portaalidega ei ole seotud palju tegevusi peale nende paigutamise ja läbimise. Peeglite puhul on mõistlikum keskenduda läbimise tegevusele. Portaalide abil saab luua mõistatusi, mille lahendus on portaalide õiges järjekorras läbimine.

Peeglist portaali kaks omadust on alati samad:

- Peeglit on võimalik läbida, kui see asub sobivas kohas.
- Keskkonna peegeldus on täpne.

Järgnevalt vaadeldakse, millised on peeglitest portaalide võimalikud *eripärad* ja milliseid *tegevusi* nende abil teha saab.

---

<sup>9</sup>Portal <http://store.steampowered.com/app/400/Portal/>

<sup>10</sup>The Evil Within [http://store.steampowered.com/app/268050/The\\_Evil\\_Within/](http://store.steampowered.com/app/268050/The_Evil_Within/)

### 3.2.1 Lihtne läbimine

Kõige lihtsam peeglitest portaalidega mehaanika on selline, kus portaalil ei ole ühtegi eripära. Kogu tegevus on peeglite läbimine. Sellisel juhul on peeglite läbimise võimalikke tulemusi ainult sama palju kui portaalidele määratud kohti. Seega tuleks mängu põhiline keerukus navigeeritava teekonna pikkusest.

Peeglite läbimine on nii lihtne, et selles osavamaks muutuda ei saa. Väljakutset saaks suurendada võimalike teekondade lisamisega. Liiga paljude teede lisamisega võib juba läbitud variantide meelde jätmine ületada mängija mälu võimete piiri (tingimus A.5). Lisaks eeldab õige teekonna leidmine pigem järjepidavust kui osavust. Portaalide lihtne läbimine ei sobi põhimehaanikaks, sest väljakutset ei saa suurendada vastavalt oskustele.

### 3.2.2 Vaatest sõltuv tulemus

Peegli eripära:

- Kuhu jõutakse, sõltub sellest, mis läbimise hetkel näha on

Tegevus on endiselt peegli läbimine, aga muutub oluliseks, kuidas seda teha. See võimaldab luua keerulisemaid navigeerimisprobleeme kui lihtsa läbimise mehaanika. Lisandub ka oskus, mis saab mängu jooksul suureneda. Kindlasti tuleks seda mehaanikat toetada esteetikaga, et mängija ei peaks katsetama kõiki võimalikke nurki. Joonisel 2.A kujutatud ruumis on selleks kasutatud värve. Võimalikke läbimise tulemusi saab eristada selle järgi, mis värvi seinad on peegelduses näha (Joonis 2 B ja C).



Joonis 2. Läbimise tulemuse eristamine värvide abil.

Väljakutset saab mingi piirini suurendada lisades rohkem erinevaid läbimise nurki. Joonisel 2.A toodud ruumis võiks näiteks eristada läbimise nurka, kust on näha vaid

põrand. Ühel hetkel ei ole nurkade väiksemaks tegemine enam mõistlik, sest jätab mängijale liialt vähe eksimisruumi. Sarnaselt lihtsale läbimisele (Peatükk 3.2.1) võib tekkida olukord, kus ületatakse mängija mälu võimete piir (tingimus A.5). Eeltoodud põhjustel sobib peeglite õige nurga alt läbimine põhimehaanikaks vaid lühikeses mängus.

### 3.2.3 Kõrvalefektid

Peeglis oleva keskkonna erinevus võib olla nähtamatu näiteks gravitatsioon<sup>11</sup>, ukse lukus olek või teatud objektide mass (Ever, 2017). Sellisest nähtamatust erinevusest oleks mõistlik mängijale märku anda, et ta ei peaks lahendama probleeme katse-eksitus meetodil. Iga uut tüüpi peegli esimese läbimisega võib kaasneda ülesanne avastada, mis on selle efekt. Ootamatu efekti puhul tuleb arvestada, et mängija ei pruugi mõistliku aja jooksul ise lahendust leida. Mängu disainimisel tuleks mõelda sellele, kuidas anda mängijale vihjeid.

Peegli eripära:

- Tüüp (määrab efekti ja välimuse)

Tegevuseks võib pidada peegli efektide kasutamist. Sellise tegevusega saaks koostada mõistatuse, mille probleem on saada esialgne ruum soovitud seisu kasutades ära peeglite kõrvalefekte. Mängija muutub osavamaks iga tutvustatud efekti kasutamises. Väljakutse suurendamiseks tuleks teha mõistatust, mille lahendamiseks tuleb portaalide kõrvalmõjusid kombineerida. Uute efektide kasutuselevõtt lisab samuti keerukust. See sobib põhiliseks mehaanikaks, kui disainer suudab välja mõelda piisavalt efekte, millega väljakutset suurendada.

## 3.3 Omaniku ja peegelduse vaheline interaktsioon

Loomingus võib kohata peegeldusi, mis käituvad valesti<sup>12</sup>. Siin peatükis on kirjeldatud võimalikke mehaanikaid, mis põhinevad kas konfliktil või koostööl peegelduse ja selle omaniku vahel. Interaktsioon saab toimuda vaid siis, kui peegeldus on olemas. Siin peatükis kirjeldatud mehaanikad loevad peegelduse tekkinuks, kui omanik satub mõne peegli vaatevälja. Kui konflikt toimuks vaid siis, kui omanik enda peegeldust näeb, oleks

<sup>11</sup>That gravity Game <http://www.phyfun.com/Games/5-1562-That-gravity.aspx>

<sup>12</sup>Reflexion <https://www.youtube.com/watch?v=NjqtjuvuRTE>



seda lihtne vältida ja mäng ei pakuks piisavalt väljakutset.

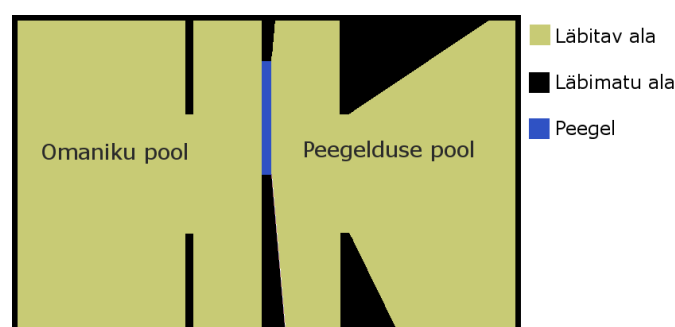
Järgnevates alapeatükkides kirjeldatakse kahte mehaanikat. Mõlema juures vaadeldakse *omaniku ja peegelduse vahelist seost* ning kummagi tegelase *tegevust* ja *eesmärki*. Hinnatakse mängija poolt kontrollitud tegelase tegevuse sobivust põhimehaanikaks.

### 3.3.1 Sõltumatu liikumine

Filmis *Mirrors*<sup>13</sup> võtab üks deemon peegelduste üle kontrolli ja sunnib sellega inimesi endale viga tegema. Deemon sai tegutseda sõltumatult enda peegli poolel, ainus, mis avaldus teisel pool olid peegelduse omanikule põhjustatud vigastused. Selle põhjal saaks teha mehaanika, kus peegeldus ja selle omanik tegutsevad iseseisvalt, aga erineva eesmärgiga.

Peegelduse omaniku põhiline tegevus on peeglite kinni katmine või ruumist põgenemine. Omaniku eesmärk oleks kaitsta end peegelduse eest. Peegelduse tegevus oleks omaniku vigastamine. Peegelduse eesmärk oleks omanik hävitada. Peegelduse ja omaniku rollide jagamiseks on kaks võimalust.

Üks võimalus oleks anda mängijale omaniku roll. Mängija peaks leidma viisi ruumist pääseda või peeglid kinni katta enne kui peegeldus ta hävitab. See ei sobi käesolevas töös põhimehaanikaks, sest peegeldus toimiks ajalimiidina, mitte põhimehaanika eeldusena. Teine võimalus on anda mängijale peegelduse roll. Peegeldusi on sama palju kui ruumis peegleid. Mängija saab korraga kontrollida ühte peegeldustest. Seega lisanduks peegelduse valimise tegevus. Mängija tegutsemisruum on piiratud peeglist nähtavaga (Joonis 3).



Joonis 3. Pealtvaates ruum ja selle peegeldus.

<sup>13</sup>Film “Mirrors” (2008) <https://www.imdb.com/title/tt0790686/>

Mõistlik oleks lubada mängijal omanikku jälgida, selleks, et ta saaks oma tegevust planeerida ja et tal oleks midagi teha kuni peegelduse tekkimiseni (tingimus A.5). Väljakutset saab suurendada peeglite arvu ja suuruse vähendamisega, sest see jätab mängijale vähem aega ja ruumi tegutseda. Kuna väljakutset saab suurendada vastavaks planeerimisoskusele, sobib omaniku vigastamine põhimehaanikaks.

### **3.3.2 Vahelduv kontroll**

Käesolevas peatükis kirjeldatakse mehaanikat, kus omanik ja peegeldus saavad rolle vahetada. Kuni omanik ei ole peegli vaateväljas tegutsevad mõlemad iseseisvalt. Peegelduse tekkides on kontroll omanikul. Mõlema tegelase eesmärk on kontrolli püsivalt enda kätte saamine. Selleks tuleb piisavalt kaua püsida omaniku rollis.

Selleks, et rolle vahetada tuleb seada omanikule lõks ja ta sinna sisse meelitada. Peegelduse põhilised tegevused on lõksude seadmine ja mängijaga suhtlemine. Peegeldus saab omanikuga suhelda määratud fraaside kaudu. Omanik saab valida, kas võtab peegelduse nõuandeid kuulda või mitte. Lõksu saab seada vaid siis, kui omanik asub väljaspool peegli vaatevälja. Implementeerimisel tuleks tähelepanu pöörata sellele, kuidas teha peegelduse tekkimisel üleminek iseseisvalt liikumiselt omaniku kontrollitud liikumisele. Omanikul peaks olema mingi põhiline tegevus, mille sooritamiseks on tal ka peegelduse abi vaja. Muidu pole tal põhjust peegeldust kuulata. Käesolevas töös võiks ka selle tegevuse eelduseks olla peeglid. Eelnevalt kirjeldatud mehaanikatest sobiks kõige paremini peatükis mustrite kokku panemise mehaanika (Peatükk 3.1.2), sest peegeldus saaks anda vihjeid tükide paigutuse kohta. Samas ei ole peegelduse abi mustrite kokku saamiseks tingimata vajalik. Tuleks kaaluda tegevust, mis ei ole peeglitega seotud.

Mängija võib olla mõlemas rollis. Seega on nii omaniku kui peegelduse tegevus põhimehaanika. Kuna ei leitud omaniku mehaanikaks sobivat tegevust, mis sõltuks peeglitest, siis see käesolevas töös implementeerimiseks ei sobi.

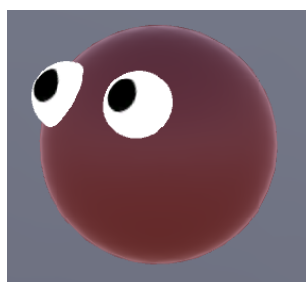
Tõenäoliselt leidub rohkem viise, kuidas peegleid saaks kasutada kui siin ja eelnevates peatükkides sai toodud. Siiski on leitud juba piisavalt sobivaid mehaanikaid, mille hulgast valida. Valik tehti autori eelistuste põhjal. Kõikidest põhimehaanikaks sobivatest tegevustest valiti peatükis Mustrid (Peatükk 3.1.2) kirjeldatud mehaanika.

## 4 Implementatsioon

Mängu põhimehaanika ja selle eeldused on kirjeldatud peatükis Mustrid (Peatükk 3.1.2). Seda mehaanikat tuleks toetada ülejäänud mehaanikakomponentidega ja teiste mängu elementidega, milleks on tehnoloogiad, lugu ja esteetika. Ühtlasi tuleks iga elemendi juures valikute tegemisel arvestada mänguvoo mudelit.

### 4.1 Mehaanikate element

Mehaanikad on tegevused, mänguobjektid, ruum, juhus, oskused ja reeglid. Loodud mängu eesmärk on peegelduses kokku panna õige muster. Mustrid koosnevad tükkidest, millest osad on liikumatud ja ülejäänud mängija poolt liigutatavad. Taseme läbimiseks peab õigest vaatenurgast nägema tervet mustrit. Põhimehaanika on objektide paigutamine. Mängija karakteril on võimalik tükke ja teisi liigutatavaid objekte *hoida* ning *kohendada*. Põhiliselt tuleb liigutada Vaatleja objekti (Joonis 4.A) ja mustri tükke (Joonis 4.B). Joonisel 4 pildil B on toodud näide liigutatavast tükist. Liigutatav tükk koosneb reeglina musta värvi mustri osast ja lihtsast geomeetrisest kujundist.



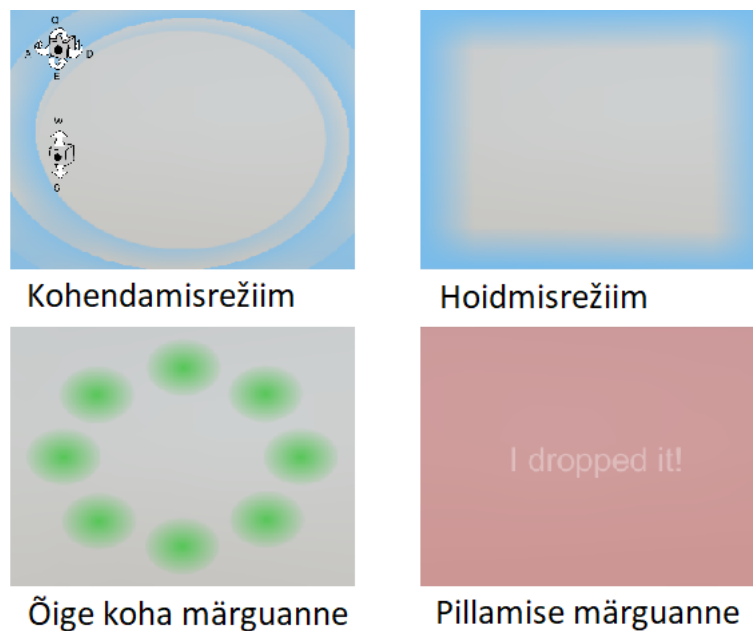
A - Vaatleja



B - Liigutatav tükk

Joonis 4. Olulised liigutatavad objektid.

Hoitavate objektidega toimuvast annab mängijale tagasisidet pealistus (*overlay*). Pealistus näitab muuhulgas seda, kas midagi hoitakse või ollakse kohendamisrežiimis (Joonis 5). Hoitud objekti positsioon jääb igasugusel liikumisel mängija suhtes samaks kuni see kuskile kinni ei jää. Objekti kinni jäämine mängija liikumist ei takista, ainult objekt ise jääb liikumatuks. Mängija jõudmisel hoitavast objektist liiga kaugemale, see pillatakse maha ja pealistusel ilmneb vastav efekt (Joonis 5).



Joonis 5. Pealistuse efektid.

Hoidmise ajal saab minna kohendamisrežiimi. Kohendamisrežiimis saab mängija objekti pöörata kahe telje ümber ning liigutada seda enda suhtes üles-alla. Teljed, mille ümber pööratakse, sõltuvad objektist. Mustri tükke saab enamasti pöörata y- ja z-telje ümber. Vaatenurk tuleb paigutada liikumatute tükide põhjal. Vaatenurga otsimiseks ja tähistamiseks on igal tasemel Vaatleja objekt (edaspidi Vaatleja) (Joonis 4.A). Vaatenurga leidmiseks tuleb see paigutada õigesse asukohta. Vaatleja on liigutatav objekt, millel on mitu erist omadust. Vaatleja vaatab alati peegli suunas. Vaatleja positsioon on hoidmise ajal sama mängija tegelase positsiooniga ja seda hoides ei ole võimalik minna kohendamisrežiimi. Kuni mängija karakter Vaatlejat hoiab, näidatakse ekraani nurgas hetkel pakutavat vaatenurka.

Tükkide ja Vaatleja paigutamine on keeruline, kui mängija liigub liiga kiiresti. Selle pärast muutub õigest kohast tasemel määratud kaugusele jõudes mängija liikumine aeglasemaks. Isegi aeglase liikumisega on keeruline asetada objekt täpselt õigesse kohta. Mängija aitamiseks liigutatakse tükk või Vaatleja automaatselt õigesse kohta, kui mängija karakter laseb objektist lahti sellele kohale piisavalt lähedal. Mängijale antakse tüki õigesse kohta jõudmisest märku pealistusega (Joonis 5). Selle kohta, kas objekt on ka õigesti pööratud, märku ei anta.

Pärast tükide liigutamist tulemuse kontrollimiseks õigesse vaatnurka tagasi minek on mänguvoo mudeli mõistes mõttetuna näiv tegevus (tingimus A.4). Seda tuleks suure tõenäosusega korrata ühe taseme jooksul mitmeid kordi. Selle asemel on mängijale antud võimalus näha maailma Vaatleja vaatenurgast (edaspidi *kiigata*). Kiikamise jaoks tuleb mängijal hoida all õiget klahvi. Kiikamine on võimalik alati välja arvatud Vaatleja hoidmise ajal. Võitmiseks peab olema terviklik muster näha kiikamise alguses.

Mehaanika implementatsioon täidab järgnevaid mänguvoo mudeli tingimusi:

**1. C.7 Mängu mehaanika ja kasutajaliides peaksid olema lihtsasti õpitavad.**

Liikumise ja hüppamise tegevus on mängudes tavaline. Mängijale on vaja õpetada ebatavalisi tegevusi nagu objektide hoidmist ja kohendamist ning kiikamist. Õpitavaid tegevusi on vähe.

**2. D.1 Mängija peaks tundma, et tal on kontroll mängu üle tervikuna (mängu alustamine, salvestamine jne).**

Avamenüüst saab valida juba läbitud taseme või taseme, millele eelnev tase on läbitud. Lisaks on menüüst võimalik mäng sulgeda. Taseme täitmise ajal saab panna mängu pausile ja pausimenüüst saab mängija taset uuesti alustada, minna tagasi avaekraanile või mängu sulgeda. Salvestamine toimub automaatselt pärast taseme läbimist, juhul kui saadi eelnevast parem aeg või läbiti tase esimest korda.

**3. D.4 Mängijal ei tohi olla võimalust teha viga, mis mängu jätkamise võimatuks muudab. Mängijat tuleks toetada vigadest taastumisel.**

Tükke ei ole võimalik paigutada kohtadsse, kust mängija neid enam kätte ei saa. Kui tükki pööratakse nii, et see kinni jääb, siis on endiselt võimalik seda tagasi pöörata asendisse, kus liigutamine on võimalik.

**4. D.5 Mängija peab tundma, et tema tegevused on mängumaailmas olulised.**

Iga objekti liigutamine muudab seisu.

**5. F.1 Mängija peaks saama tagasisidet eesmärgile lähemale jõudmise kohta.**

Iga tüki õigesse asukohta paigutamisel antakse sellest märku. Kiikamisel näeb mängija, kui palju mustrist tal juba koos on.

**6. F.2 Mängija peaks saama tegevustele kohest tagasisidet.**

Pealistus annab märku, kui midagi üles võetakse või kohendamisrežiimi minnakse.

Liikumise ja objekti kohendamise tulemus on koheselt nähtav. Objekti õigele kohale lähemale jõudes muutub liikumine aeglasemaks. Objekti maha panekul saab tagasisidet selle kohta, kas asukoht on õige.

Käesolevas töös alustati mängu loomist mehaanika disainimisega. Seega mõjutab see element kaudselt ka teiste mänguvoo tingimuste täitmist, sest seab piirangud ülejäänud mängu elementidele ja tasemete disainile.

## 4.2 Tehnoloogiad

Tehnoloogiad vahendavad ülejäänud mängu elemente (Schell, 2008). Arvutimängudes on selleks on tarkvara, riistvara ja kõik failid, mida mäng kasutab. Näiteks pildifail on tehnoloogia komponent, kuid pilt, mida see sisaldab esteetika komponent.

Kasutajaliides koosneb tehnoloogia komponentidest. Vastavalt mänguvoo mudelile, peaks kasutajaliides olema lihtsasti õpitav (tingimus C.7). Selle täitmiseks on liikumise, hüppamise ja ringi vaatamise kontrollid traditsioonilised esimese või kolmanda isiku vaates mängule. Kontrollid peavad olema piisavalt tundlikud, et mängija tunneks kontrolli kasutajaliidese ja sisendseadmete üle (tingimus D.2).

Järgnevates alapeatükkides on kirjeldatud kolm töö käigus loodud mängu tehnoloogia komponenti. Esimesena on räägitud Unity mängumootorist, sest see ühendab kõiki teisi komponente. Seejärel kirjeldatakse peeglite renderdamist ja malltuvastuse algoritmi, sest neil on märkimisväärne roll mängu põhimehaanika implementatsioonis.

### 4.2.1 Unity

Otsustati kasutada mängumootorit, sest see võimaldas keskenduda mehaanika ja tasemete disainimisele. Käesolevas töös valiti mängumootoriks Unity ja programmeerimiskeeleks C#, sest autor oli nendega varasemalt tuttav ja teadis, et Unitys leidub viis teha realistlikke peegleid. Peeglite renderdamisest räägitakse täpsemalt peatükis 4.2.2. Käesolevas peatükis kirjeldatakse seost Unity ja mängu elementide vahel. Lugu otseselt mängumootori kaudu ei avaldu. See avaldub esteetika ja mehaanikate kombinatsioonist.

Mehaanikate implementeerimiseks on vaja teada mängu ülesehitust mängumootoris. Unityga tehtud mängud koosnevad *stseenidest*. Käesoleva töö käigus loodud mängus on iga tase eraldi stseenis. Stseenile saab lisada *Unity mänguobjekte (Unity GameObjects)*.

Unity mänguobjektid erinevad Schelli definitsioonist selle poolest, et need ei pruugi olla mehaanikakomponendid. Need võivad olla lihtsalt konteinerid mängu loogika või teiste mänguobjektide jaoks. Mehaanikad avalduvad Unity mänguobjektide kaudu.

Esteetika avaldub vaid osades Unity mänguobjektides. Unity mänguobjektidele saab lisada erinevaid *komponente*. Mõned komponendid kirjeldavad objekti välimust näiteks objekti materjal ja võrestik (*mesh*). Komponentide kaudu, mida mängija oma meeltega tajub, avaldub esteetika.

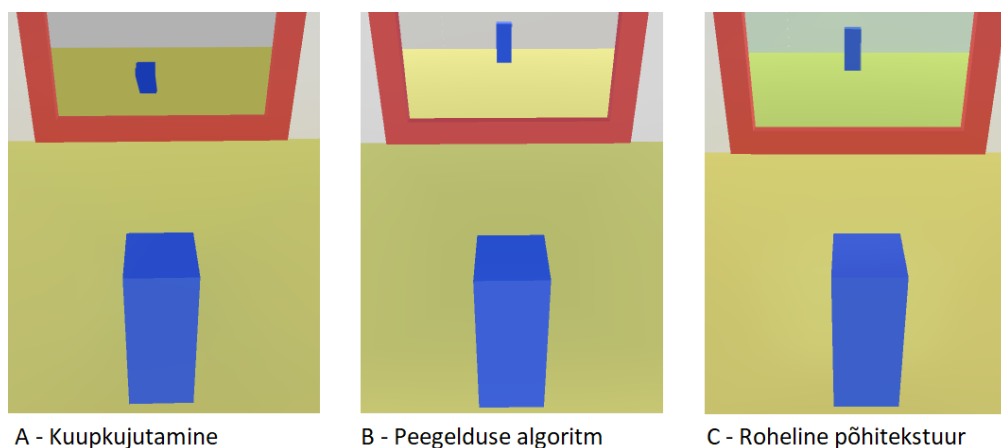
Mängumootor ühendab endas kõik teised tehnoloogiakomponendid. Näiteks edastab Unity sisendi klaviatuurilt mängule, jooksub koodi ning joonistab igal kaadril mängu ekraanile. Kõiki selle jaoks vajalikke mängu komponente ise teha või otsida oleks väga töömahukas. Kui on soov keskenduda mängu loomisel teistele elementidele, siis on mõistlik valik jätta suurem osa tehnoloogiatest mängumootori ülesandeks.

#### 4.2.2 Peegeldused

Loodavas mängus peab tehnoloogia toetama funktsionaalseid peegleid. Unity sisseehitatud lahendus on kuupkujutamine (*cube mapping*). Kuupkujutamine on mõeldud stseenis paljude ligikaudsete peegelduste kiireks renderdamiseks. Kui rakendada seda meetodit siledale pinnale on tulemus ebarealistlik (Joonis 6.A). Lisaks on detailsete peegelduste renderdamine selle meetodiga aeglane, sest keskkonnas salvestatakse kuus vaadet hoolimata peegeldavate objektide arvust. See lahendus ei sobiks loodavas mängus, sest valitud mehaanikas on vaja reaajas renderdada üks hea kvaliteediga peegeldus.

Unity kogukond on kirja pannud juhendi täiuslike peeglite renderdamiseks<sup>14</sup> Unity mängumootoriga. See sisaldab varjutajat (*shader*) ja algoritmi täpse peegelduse loomiseks reaajas (Joonis 6.B). Peegelduse kvaliteet on valitud mehaanika töötamiseks piisav. Selle pärast otsustati kasutada mängu loomisel Unity kogukonna poolt pakutud meetodit. Vaadeldava meetodiga peegelduse renderdamise jaoks on vaja üles seada neli Unity komponenti. Esiteks Unity objekti, millele peegeldus joonistatakse. Selle jaoks sobib hästi tasand (*plane*), sest peegeldus joonistatakse vastavalt tasapinnale, mis on määratud objekti üles-suunaga. Mitmetahulistel objektidel võib see põhjustada veidraid tulemusi. Teiseks on vaja varjutajat. Varjutaja joonistab peegelduse tasandi pinnale. Unity kogukonna lahenduses kasutab varjutaja kahte tekstuuri: peegelduse tekstuuri ja põhitekstuuri.

<sup>14</sup>Unity peeglid <http://wiki.unity3d.com/index.php/MirrorReflection4>



Joonis 6. Peegelduste renderdamise meetodite võrdlus.

Varjutaja arvutab objekti igal pikslil, mis peaks olema selle värv kumagi teksturi järgi ja korrutab saadud väärtused lõpliku tulemuse määramiseks. Seda meetodit nimetatakse kordistavaks sujustamiseks (*multiplicative blending*).

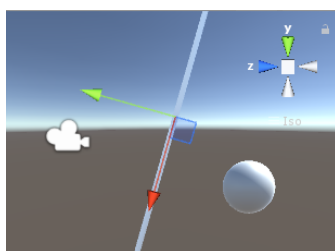
Vaikimisi põhitekstuur on valge (Joonis 6.B). Peegelduse tekstuurist saadud värvi korrutamine valgega piksli lõplikku värvi ei muuda. Seega renderdatakse täiuslik peegel, kus valgus üldse ei neeldu. Reaalses maailmas on peeglid sageli ebatäiuslikud. Joonisel 6 pildil C on põhitekstuur heleroheline, sest nii näeb peegel välja loomulikum<sup>15</sup>. Sama põhitekstuuriga varjutajat kasutati ka loodud mängus.

Kolmandaks on vaja materjali. Varjutajat ja tekstuure otse objektile lisada ei saa. Selle asemel tuleb lisada materjal. Materjal on komponent, mis määrab, millise varjutajaga objekt renderdatakse ja millised tekstuure varjutaja kasutab. Vaadeldava meetodiga peegleid renderdades tuleb igale stseenis olevale peeglile luua eraldi materjal, sest muidu kasutaksid kõik sama peegelduse teksturi.

Neljandaks on vaja peegelduse algoritmi. See tuleb lisada peegelduse materjaliga samale objektile. Algoritm loob peegelduse teksturi, mille annab enda objekti materjalile. Reaalajas peegelduste saamiseks uuendatakse peegelduse teksturi iga kaader. Algoritm töötab ainult siis, kui Unity mänguobjekti, millele see on lisatud, on vaja käesolevas kaadris mõne kaamera poolt renderdada.

<sup>15</sup>What Color Is a Mirror? <https://futurism.com/the-color-of-mirrors/>





Joonis 7. Kaamera ja selle peegeldus objekti tasandi suhtes.

Skript loob ajutise kaamera ja muudab selle paigutust nii, et see oleks renderdava kaamera peegeldus skripti objekti üles-vektoriga määratud tasandi suhtes. Joonisel 7 tähistab roheline nool peegeldava objekti üles-suunda ning kera kaamera peegeldatud positsiooni. Seejärel kirjutatakse ajutise kaamera vaade peegelduse tekstuuri. Tekstuuri uuenedes ka peegeldus.

#### 4.2.3 Malltuvastus

Keskendumise alguses otsitakse malltuvastusega Vaatleja vaatest täielikku mustrit. Sellega kontrollitakse, et mängija on mustri edukalt kokku pannud. Malltuvastuse kasutamise suurim eelis loodud mängus on see, et lisaks tükkide paigutusele, see ühtlasi kontrollib, et midagi mustrit ei varjaks. See teeb Vaatleja mehaanika loogilisemaks, sest Vaatleja vaatab alati peegli suunas ja ei tea midagi mustri tükkidest.

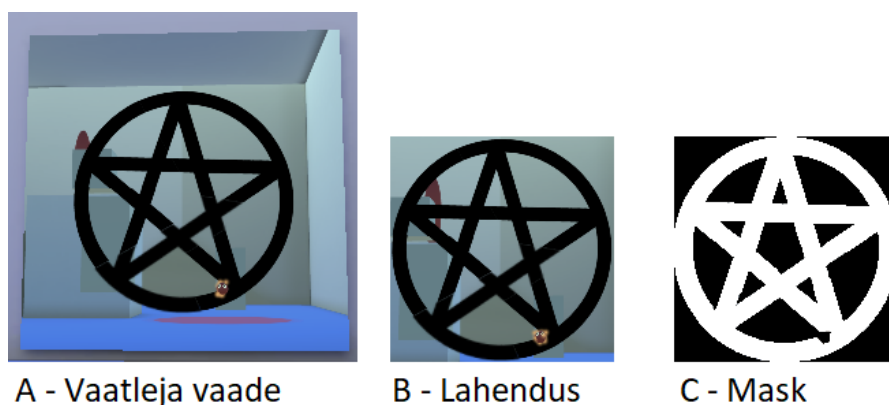
Malltuvastuseks kasutatakse loodud mängus OpenCV<sup>16</sup> liidest EmguCV<sup>17</sup>. OpenCV on avatud lähtekoodiga raalnägemise (*computer vision*) teek. See sobis hästi mängu kasutamiseks, sest on suunatud reaalse rakenduste loomiseks. EmguCV võimaldab kasutada OpenCV teeki .NET raamistikuga ja seega Unity mängumootoriga.

Malltuvastuseks on vaja sisendpilti (*source image*) ja malli (*template image*) (Template Matching, 2018). Loodud mängus on sisendpildiks Vaatleja vaade (Joonis 8.A) ja mallpildiks kokkupandud muster (Joonis 8.B). Mallpilt on eelnevalt salvestatud. Sisendpilt tehakse mängu töö ajal, sest see peab igal kiikamisel uueneda.

Mallpilt on alati väiksem kui sisendpilt, kuid otsitav kujund peaks olema mõlemal pildil ligikaudu sama suurusega. Alustades ülemisest vasakust nurgast liigutatakse mallpilti

<sup>16</sup>OpenCV <https://opencv.org/>

<sup>17</sup>EmguCV [http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page)



Joonis 8. Malltuvastuse komponendid mängu esimesel tasemel.

piksel haaval sisendpildis edasi. Igal pikslil arvutatakse sarnasus mallpildi ja sisendpildi vahel. OpenCV-s on selle jaoks kuus võimalikku valemit. (Template Matching, 2018) Käesoleva töö käigus loodud mängus kasutatakse normaliseeritud ristkorrelatsiooni (CV\_TM\_CCORR\_NORMED). Valem valiti, sest see võimaldab maskiga malltuvastust. Maski kasutamine oli mängus malltuvastuse täpsuse suurendamiseks vajalik. Mall peab olema ristkülikukujuline (Template Matching, 2018). Mängus kasutatud mustrite juures tähendaks see, et sisendpildiga võrreldakse palju piksleid, millel mustrit ei ole. Mask varjab need osad mallist, mis ei ole mustri tuvastusel olulised. See tähendab kõik peale mustrit sisaldavate pikslite ja nende lähemate naabrite. Joonisel 8 pildil C on näha mask, mida kasutatakse sama joonise pildil B kujutatud malliga. Mask peab olema sama suur kui mallpilt. Mustad pikslid maskil vastavad pikslitele mallpildis, mida sarnasuse arvutamisel arvesse ei võeta. (Template Matching, 2018)

### 4.3 Loo element

Arvutimängu teeb teistest loo meediumitest (näiteks raamatud ja filmid) erinevaks see, et mängijad ise avastavad lugu ja osalevad selle loomisel. See tähendab, et see, kuidas lugu kogetakse on iga mängija jaoks erinev. (Quin, Rau, & Salvendy, 2009). Arvutimängus ei pruugi olla märkimisväärset lugu<sup>18</sup>, kuid sageli, eriti seiklus ja rollimängudes, on loo element mängus väga oluline<sup>19</sup>.

<sup>18</sup>Solitaire <https://www.solitr.com/>

<sup>19</sup>Undertale <https://undertale.com/>

Kui teha mäng kindla mehaanika põhjal, tuleb valida lugu, mis selle mehaanika mängijatele arusaadavaks muudab (Schell, 2008). Eelnevalt kirjeldatud mustrite koostamise mehaanika kohta võib lugu vastata näiteks järgnevatele küsimustele:

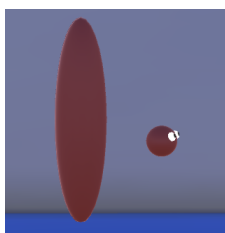
- Miks peab Vaatleja mustrit nägema?
- Mida teeb kiikamine?

Lugu saab kasutada ka mänguvoo tingimuste paremaks täitmiseks. Loo abil võib mõtestada mängija tegevusi mängumaaailmas (tingimus D.5). Taseme läbimisele võib anda looga tähenduseks missiooni täitmise.<sup>20</sup> See võib aidata ühtlasi paremini mõista mängu läbivat eesmärki (tingimus E.1). Vastupidiselt, mängu eesmärgi mõistmine aitab mängijal mõista lugu ja tema rolli selles (Quin jt, 2009).

Loo element aitab mängu süüvida. Ilma loota on keerulisem saavutada emotsionaalset sidet mängijaga (tingimus G.4). Loo tegelastega samastumine võib aidata saavutada ka mängija eneseteadlikkuse vähenemist ja igapäevamurede unustamist (tingimus G.2). Mänguvoo mudeli tingimuste täitmiseks võiks lugu vastata küsimustele:

- Miks on oluline mõistatus kokku saada?
- Mis on tasu võitmise eest?

Käesoleva töö raames loodud mängus on lugu minimaalselt implementeeritud. Ainsad, mille kaudu see avaldub on Vaatleja ja mängija karakter. Vaatlejale on antud silmad (Joonis 4.A), ja ta ütleb mängu alguses mängijale, et tahab näha õiget mustrit. Sellega on abstraktsest mänguobjektist tehtud loo tegelane.



Joonis 9. Loo tegelased: mängija karakter koos Vaatlejaga

<sup>20</sup>Call of Duty [http://callofduty.wikia.com/wiki/Call\\_of\\_Duty](http://callofduty.wikia.com/wiki/Call_of_Duty)

Mängija karakter samuti on loo tegelane. Mängija roll loos on defineeritud ainult läbiva eesmärgiga: mängija on see, kes mõistatused kokku paneb. Mängija karakterit esindab Vaatlejaga sama värvi ellipsoid (Joonis 9). Selle põhjal võiks oletada, et Vaatleja ja mängija karakter on sama tüüpi olendid, kuid mängija ei pruugi seda sarnasust märgata. Rohkem infot mängijale tema karakteri kohta ei anta.

Kirjeldataud kujul aitab loo element täita vaid tingimust E1. Tingimust G.2 loodetakse täita läbi keskendumise elemendi (element A) tingimuste täitmise. Tingimust G.4 loodetakse täita elementide väljakutse ja oskused abil (elemendid B ja C). Kui oskused ja väljakutse on tasakaalus, siis mängija saab tunda rõõmu oma saavutustest.

#### **4.4 Esteetika element**

Esteetika elementi kuuluvad komponendid määravad kõik, mida mängija saab oma meeltega tajuda (Schell, 2008; Niedenthal, 2009). Mõnikord peetakse mängu esteetika all silmas ka loo elemente ja emotsioone, mida püütakse mängijas tekitada (Niedenthal, 2009). Käesolevas töös on need eraldatud: Vaatleja kui tegelane on loo komponent, aga tema kujutis mängumaailmas esteetika komponent.

Esteetika kaudu stimuleeritakse mängijat (tingimused A.1 ja A.2). Arvutimängudes annavad esteetikat edasi tavaliselt edasi mängu helid ja välimus. Mehaanika põhjal loodavas mängus peaks esteetika valitud mehaanikat rõhutama (Schell, 2008).

Käesoleva töö raames loodud mängus on ainsad helid kõndimine ja maandumine. See on küll pisut sobimatu, sest mängija karakteril ei ole jalgu (Joonis 9), kuid see annab mängijale märku, et ta tegelane parajasti liigub (tingimus F.2). Erinevad mänguobjektid ja pealistuse efektid peaksid pakkuma rohkem stimulatsiooni (tingimus A.1). Järgnevalt on kirjeldatud loodud mängu visuaalsed komponendid.

Mängu kujundus on minimalistlik, et mustri ja selle kokkupanekult mitte tähelepanu kõrvale juhtida (tingimused A.2 ja A.6). Kogu maailm on üles ehitatud lihtsatest geomeetrilistest kujunditest. Mänguobjektide kõik osad on reeglina ühevärvilised. Sama tüüpi objektid on omavahel ühte värvi, välja arvatud juhul, kus mõnele neist tuleb erilist tähelepanu pöörata. Kõige detailsemad komponendid on mängijale taseme kohta olulise info andmiseks kasutatud pildid (tingimus A.2) (Joonis 10).

Mustrid on valitud selle järgi, et neist saaks sobiva suuruse ja kujuga tükke lõigata (Joonis 11). Tasemetel null kuni kaks on kõik mustri osad ühenduses. Tasemetel kolm



Joonis 10. Pildid mängija abistamiseks.

ja neli on võimalik lõigata välja tükke, mis ei puutu kokku ühegi teise mustri osaga. Tasemele paigutatud mustri tükid on musta värvi, et olla selgelt äratuntavad. Tasemele paigutatud pildid tervest mustrist on silmapaistvat värvi (tingimus A.2 ja E.2) (Joonis 11).



Joonis 11. Mängus kasutatud mustrid.

Pealistuse komponendid annavad mängijale tagasisidet (tingimus F.1 ja F.2). Pealistuses kasutatakse nelja erinevat efekti ja nende efektide edasi andmiseks kolme erinevat värvi. Efektide paremaks eristamiseks on need erineva kujuga (Joonis 5). Kättevõetavaid objekte piisavalt lähedalt sihtides tekib sihiku ümber ring.

## 4.5 Tasemed

Mängus on kokku viis taset: sissejuhatav tase (tase 0) ja neli sisu taset. Tasemete disainimisel püüti täita järgnevad tingimused mänguvoo mudelist:

1. **A.3 Mäng peaks kiiresti püüdma mängija tähelepanu ja seda säilitama terve mängu jooksul.**

Mängija on terve mängu jooksul hõivatud mustrite kokku panemise ülesandega.

Tasemete vahetus võtab aega ainult paar sekundit ja ei tohiks seega põhjustada tähelepanu hajumist.

2. **A.4 Mängijale ei tohiks anda mõttetuna tunduvaid ülesandeid.**

Mängijal on ainult kaks ülesannet: paigutada Vaatleja ja paigutada tükid. Mõlemad on vajalikud mängus edasi liikumiseks. Kõik muud tegevused on otseselt seotud nende ülesannete täitmisega.

3. **A.5 Mängu töökoormus peaks olema suur, kuid mängija võimete piires.**

Mängijal on mitu objekti, mida paigutada, kuid ta peab tegelema ühega korraga.

4. **B.1 Väljakutsed mängus peavad olema vastaval tasemel mängija oskustega.**

Selle saavutamiseks tuleks kasutajate peal katsetada erinevaid raskusastmeid, kuni leitakse sobiv. Esialgu piisab eeldusest, et mängija teab vaid traditsioonilisi liikumise kontrole ning sealt edasi püütakse kasvatada väljakutset sujuvalt.

5. **B.3 Väljakutse peaks mängu käigus kasvama.**

Igal järgneval tasemel on mõistatus keerulisem kui eelmisel: rohkem tükke ja rohkem võimalusi nende paigutamiseks.

6. **B.4 Mäng peaks sobival hetkel pakkuma uusi väljakutseid.**

Esimesel tasemel tuleb lisaks liikumisele hüpata. Alates teisest tasemest tuleb sprintida. Kolmandal tasemel tuleb liigutada platvorme.

7. **C.1 Mängija peaks saama mängimist alustada ilma juhendit lugemata.**

Mängu põhilised kontrollid, põhimehaanika ja eesmärk püütakse mängijale selgitada sissejuhatavas tasemes.

8. **C.2 Mängu õppimine peaks olema lõbus.**

Põhiline õppimine toimub sissejuhatavas tasemes. Sellel tasemel juhendatakse mängijat, ainult nii palju kui mängu alustamiseks vajalik. Sedasi ei ole tase lihtsalt käskude täitmine. Kas tingimus on sellega täidetud, selgub alles kasutajatestimisel.

9. **C.4 Mängu tuleks õpetada läbi õppetaseme või esimestes tasemetes. Õppimine peaks tunduma mängimisena.**

On olemas sissejuhatav tase, kus mängija peab kasutama teiste tasemetega sama mehaanikat.

10. **C.5 Mäng peaks suurendama mängija oskusi mängu jooksul.**

Mängija paigutab tükke igal tasemel mitu korda, seega eeldatakse, et ta muutub selles tegevuses osavamaks.

11. **C.6 Mängijale tuleb tasuda arengu eest.**

Tasuks on lahendusele lähemale pääsemine. Kui mängija proovib sama taset mitu korda, siis salvestatakse tema parim aeg.

12. **D.3 Mängija peaks tundma, et tal on kontroll mängu üle tervikuna (mängu alustamine, salvestamine jne).**

Peamenüüst saab mängust lahkuda või alustada taset. Alustamiseks saab valida ainult tasemeid, millele eelnevad tasemed on läbitud. Pausimenüüst saab taset uuesti alustada, minna tagasi peamenüüsse või mängust lahkuda. Mängija saab tasemel olles minna igal ajal pausimenüüsse.

13. **D.6 Mängia peaks tundma, et saab mängida mängu nii nagu tahab.**

Mängija saab valida, mis järjekorras tükke ja teisi liigutatavaid objekte paigutada.

14. **E.1 Läbivad eesmärgid peavad olema arusaadavad ja esitatud varakult.**

Läbivaks eesmärgiks on vaikimisi mängu võitmine, ehk kõikide mustrite kokkupanek. Sissejuhatavas tasemes annab Vaatleja märku, et tahab näha kokkupanud mustrit. Järgnevad tasemed on sissejuhatusele sarnased. Mängija võiks aru saada, et hoolimata mustri muutumisest tuleb see endiselt kokku panna.

15. **E.2 Vahepealsed eesmärgid peavad olema arusaadavad ja esitatud sobival hetkel.**

Vahepealne eesmärk on taseme muster kokku panna. Selle edasi andmiseks on tasemel toodud mustri näidised (Joonis 9).

16. **G.1 Mängija peaks muutuma vähem teadlikuks oma reaalsest ümbrusest.**

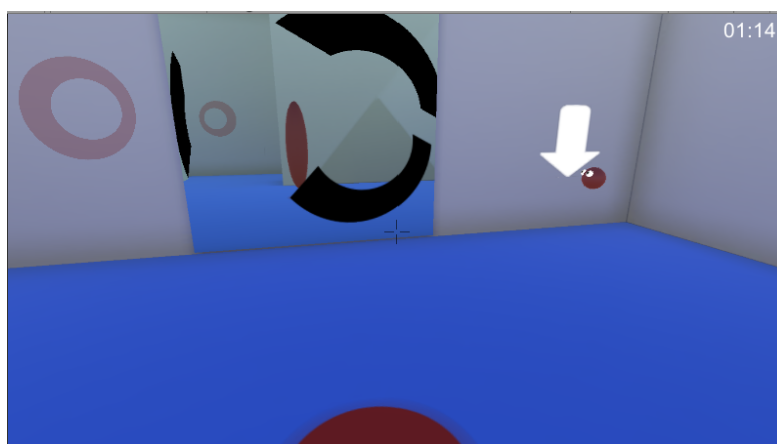
Selle tingimuse täitmiseks piisab loodetavasti, kui on täidetud keskendumise elemendi (element A) tingimused. Kui mängija on mängule keskendunud, siis peaks teadlikkus ümbritsevast vähenema.

Peatükis Testimine (Peatükk 5) kontrollitakse, kas ja kui hästi on toodud tingimused täidetud praeguste valikutega. Järgnevalt on üksikhaaval kirjeldatud kõik loodud tasemed.

Iga taseme juures vaadeldakse kasutatud mustri tükke ja mille poolest tase erineb eelnevatest.

#### 4.5.1 Sissejuhatav tase

Eeldatakse, et mängija ei oska mängus mitte midagi peale karakteri liigutamise. Taseme eesmärk on õpetada mängijale tegevusi, mida tal edaspidi igal tasemel vaja läheb. Nendeks tegevusteks on Vaatleja paigutamine, esemete liigutamine, kohendamisrežiimi kasutamine ja kiikamine.



Joonis 12. Kaader sissejuhatavalt tasemelt.

Kõigepealt suunatakse mängija noolega Vaatleja juurde, mis on otse tema ees (Joonis 12). Kui Vaatleja on üles võetud, siis esimene nool kaob ja tekib uus nool, mis juhatab Vaatlejaga sarnast värvi ringini. Selle ringi raadius on piisavalt väike, et sinna sisse Vaatleja paigutamisel liigutatakse ta õigesse kohta. See tegevus tutvustab mängijale ühtlasi pealistust, mis näitab objekti jõudmist õigesse asukohta.

Tasemel on väga lihtne muster, mis on jagatud kolmeks tükiks. Kaks tükki on liikumatud. Vaatleja vaates on terve taseme jooksul näha taseme muster ja seal juures kiri „ma tahan näha seda pilti“ („*I want to see that image*“).

Liigutamise ja kohendamisrežiimi tutvustamiseks piisab ainult ühest liikuvast tükist. Tüki pööramise nurk on 90°. Pärast vaatenurga leidmist viidatakse uue noolega liikuvale tükile. Tüki ja Vaatleja üles võtmine käib samat moodi – selles osas pole vaja mängijat

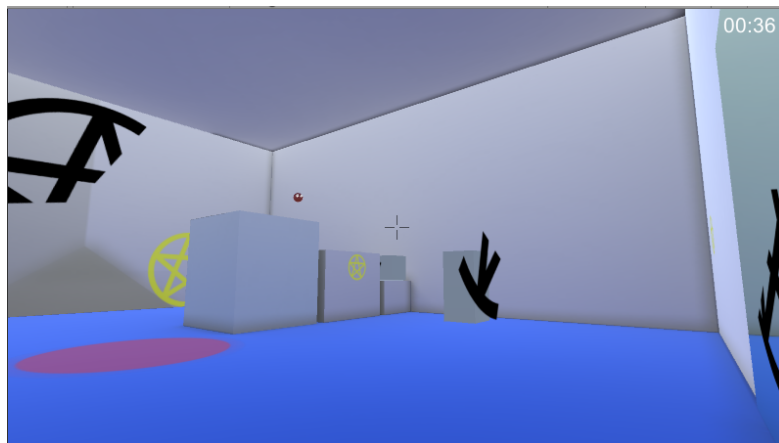


aidata. Küll aga on pärast ülesvõtmist vaja näidata, kuidas kohendamisrežiimi minna ja seal tükki kontrollida. Selle jaoks on juhised pealistusel

#### 4.5.2 Esimene tase

Siin saab harjutada sissejuhataval tasemel õpitut ja võetakse kasutusele üks uus tegevus. Vaatleja juurde suunab nool sarnaselt sissejuhatavale tasemele. Erinevalt sissejuhatavast tasemest on see ainuke abistav nool tasemel. Liikuvaid tükke on kolm. Tükkide pööramise nurk on jätkuvalt  $90^\circ$ .

Vaatenurga paigutamise õiget kohta vihjab ring põrandal. Ring on suurema raadiusega kui kaugus, kust Vaatleja lahti laskmisel automaatselt õigesse kohta liigutatakse (Joonis 13). See õpetab mängijat otsima õiget vaatenurka liikumatute tükkide põhjal.

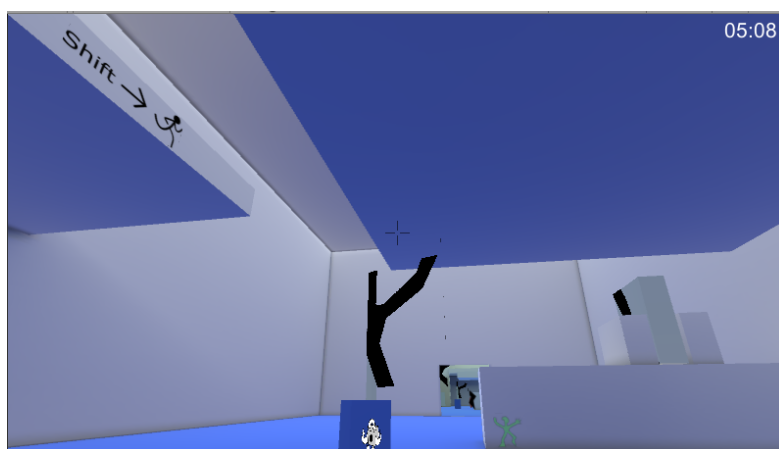


Joonis 13. Kaader esimeselt tasemelt.

Joonisel 13 on ringi kõrval näha kolm ploki, millest kõrgeima kohal on Vaatleja. Plokid on liikumatud. Vaatlejani jõudmiseks ja ühe tüki paigutamiseks tuleb nende peale hüpata. Mängijale selle kontrolli ei õpetata, sest see on mängudes tavaline tegevus. Hüppamine suurendab väljakutset, kuna muudab objektide paigutamist keerulisemaks.

### 4.5.3 Teine tase

Tase on sarnaselt eelnevatele üsna lihtne, kuid vihjeid Vaatleja paigutamiseks enam ei anta. Vaatenurk tuleb üles leida kahe liikumatu tüki põhjal. Liikuvaid tükke on viis. Tükkide pööramise nurk on  $45^\circ$ , mis tähendab rohkem võimalusi tükkide paigutamiseks. Sellel tasemel peab mängija ära õppima sprintimise tegevuse, et läbida hüpates pikemaid vahemaid. Sprintimist võib kasutada millal tahes liikumise ajal, et tegelase kiirust suurendada. Kohas kus sprintimine on esimest korda vajalik, on näidatud abistava pildiga, kuidas seda teha (Joonis 14).



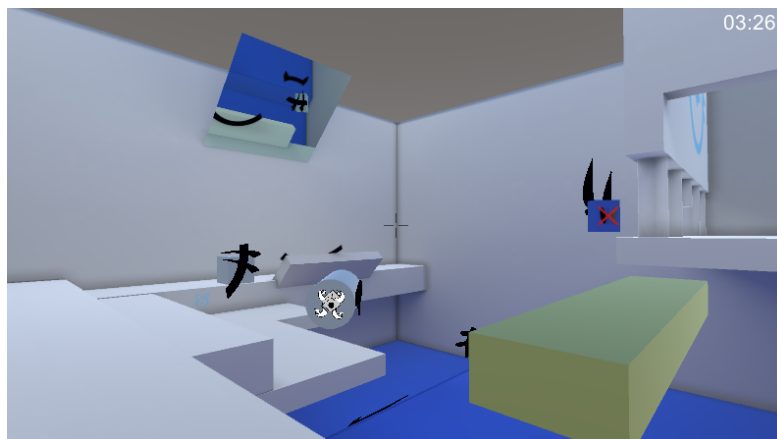
Joonis 14. Kaader teiselt tasemelt.

Eelnevatel tasemetel on kõik tükid olnud õiges lahenduses pööratud otse peegli suunas. Vaadeldaval tasemel tuleb üks tükk paigutada peegli suhtes viltu. Selle tüki otse paigutamine varjab osaliselt mustrit. Tüki alus on sinist värvi ja sellel on pööramise sümbol (Joonis 14). Kõik see peaks suunama mängijat katsetama selle tüki paigutamisel ka teisi nurki.

### 4.5.4 Kolmas tase

Kolmandal tasemel suureneb Vaatleja paigutamise väljakutse. Liikumatu tükke, mille põhjal vaatenurka otsida, on kolm, kuid need ei ole omavahel ühenduses. Kaugus õigest positsioonist, kust alates liikumine aeglasemaks muutub, on oluliselt suurem kui eelnevates tasemetes. See muudab keerulisemaks ka tükkide paigutamist. Erinevalt eelnevatest tasemetest ei ole peegel pööranda suhtes täisnurga all (Joonis 15).

Sedasi oli lihtsam luua mõistatus, kus tüki kõrguse kohta põrandast ei annaks vihjet selle kõrgus mustris alumisest servast. Eelnevatel tasemetel paigutus tükk seda lähemale põrandale, mida madalamal see oli taseme mustris. Sellel tasemel on taseme mustriks oleva kassi (Joonis 11) kõrvad lahenduses tema ninast madalamal.



Joonis 15. Kaader kolmandalt tasemelt.

Liikuvaid tükke on kuus. Üks tükk tuleb paigutada nii, et Vaatleja ei näe selle peegeldust vaid tükki ennast. See on teistest liigutatavatest tükkidest erinevat värvi, ning sellel on sümbol, mis viitab, et peegeldust ei tohi olla (Joonis 10.B).

Osasid tükke saab pöörata  $x$ - mitte  $y$ -teljel. Mängijale neist alguses kõige lähemal oleval, on selle kohta sümbol (Joonis 10.A). Kohendamisrežiimis ei näidata enam kontrolle. Seega enamus mängijaid tõenäoliselt püüab pöörata tükke igat võimalikku pidi ja telgede erinevus ei tohiks probleeme tekitada. Siiski on hea mängijale sellest märku anda, et ta ei arvaks, et tegemist on veaga.

Tasemel lisanduvad uued liigutatavad objektid, milleks on platvormid. Üks paigutatud nii, et mängijal ei ole võimalik Vaatlejani pääseda ilma seda liigutamata. Platvormid on kollast värvi, et eristuda liikumatutest muudest objektidest (Joonis 15).

#### 4.5.5 Neljas tase

Sellel tasemel midagi uut õppida ei tule. Vaatleja tuleb paigutada kahe liikumatu tüki põhjal, mis ei ole omavahel ühendatud. Liikuvaid tükke on seitse. Nende paigutamise väljakutse on eelnevatest tasemetest suurem, sest need kõik tuleb paigutada peegli suhtes

viltu. Tükkide pööramise nurk on  $15^\circ$ .



Joonis 16. Kaader neljandalt tasemelt.

Väljakutset suurendab ka see, et tükke hoides tuleb liikuda kõrgetel platvormidel (Joonis 16). Selleks, et tükid kuskile kinni ei jääks, tuleb hoidmise ajal jälgida nende asendit mängija suhtes. On ka oht, et mängija kukub platvormilt koos tükiga alla ja peab seega tüki paigutamist otsast peale alustama.

## 5 Testimine

Ilma testimiseta ei ole võimalik hinnata, milline on kasutajate jaoks mängust saadav kogemus. Selle pärast tasub testida arenduses nii vara kui võimalik. Alustuseks tuleks testida mehaanika elementi veel enne kui sinna kõik muu juurde lisatakse. (Salen & Zimmerman, 2004) Käesoleva töö raames testiti algusjärgus mängu kolme vabatahtliku peal. Selleks ajaks oli juba lisatud osad tehnoloogia ja esteetika komponendid, sest kasutatav mehaanika ei oleks ilma nendeta töötanud. Nende testijate tagasisidet ei dokumenteeritud, kuid mitmeid soovitusi võeti arvesse edasisel arendusel.

Põhjalikum kasutajatel testimine viidi läbi üks kord. Seda tehti alles siis kui mäng oli valmis, sest muidu poleks saanud kontrollida mänguvoo tingimuste täitmist. Siin peatükis kirjeldatakse selle testimise metoodikat ja tulemusi.

### 5.1 Meetod

Palve testida mängu saadeti kolme Tartu Ülikooli meililisti: *cs.student*, *labor.ati.cgv* ja *aine.ati.arvutigraafika*. Paluti proovida mängu ja seejärel vastata küsitlusele. Küsitluses tuli alustuseks vastata paarile üldisele testimisküsimusele. Seejärel paluti hinnata kui hästi täitis mäng mänguvoo mudeli tingimused. Hindeid sai anda skaalal 1-5, sest sama skaalat kasutasid mudeli loojad selle testimisel (Sweetser & Wyeth, 2005). Küsitlus oli ingliskeelne, et vältida tingimuste tõlkimisel tekkida võivaid ebatäpsusi. Küll aga muudeti küsimusi, et need oleksid selgelt mängija isikliku kogemuse kohta testitavas mängus. Täielik küsitlus on toodud lisas VII. Küsitlusest jäeti välja järgnevad tingimused:

1. **B.2 Mängud peaksid pakkuma sobivat väljakutset erineval tasemel mängijatele.**

Erinevate raskusastete implementeerimine oleks olnud liialt töömahukas. Tingimuse täitmata jätmine ei tohiks mängu hinnet mõjutada, sest loodud mängu testijatelt ei oodatud suurt taseme varieeruvust. Tundus tõenäoline, et mängu testimise üleskutsele vastavad need, kellel on varasem kogemus arvutimängudega. Ka saadetud testimise üleskutses mainiti, et varasem kogemus on oodatud.

2. **C.3 Mängust ei tohiks olla vajalik interneti abi saamiseks lahkuda.**

Selle tingimuse täitmine ei olnud töö mahu juures mõistlik. Eeldati, et mäng on piisavalt lihtne, et testijatel puuduks vajadus kasutada abimaterjale.

### 3. G.3 Mängijatel peaks kaduma ajataju.

Seda tingimust ei plaanitud täita. Mängijad saavad lihtsasti ajataju säilitada, sest pealistusel on näha taseme läbimiseks kulunud aeg.

### 4. G.5 Mängijad peaksid tundma end instinktiivselt mängu kaasatud.

Seda tingimust seostatakse pigem esimeses isikus tulistamismängudega (Sweetser & Wyeth, 2005). Loodavas mängus ei ole midagi, millele instinktiivselt reageerida.

Lisaks jäeti välja kõik sotsiaalsuse tingimused (element H). Mäng on mõeldud üksi mängimiseks, seega tingimus H.1 ei ole rakendatav. Ülejäänud sotsiaalsuse tingimuste täitmine oleks liialt töömahukas.

Automaatselt koguti mängijatel iga taseme läbimiseks kulunud ajad. Igale mängijale genereeritakse mängu käivitamisel identifikaator. Identifikaatori leidmiseks kasutatakse räsi-funktsiooni (*hash function*). Funktsiooni sisend koosneb pseudo-juhuslikust numbrist (1-1000) ja mängimise alustamise ajast. Eeldati, et mängu testijate hulk jääb isegi parimal juhul alla saja, seega tõenäosus, et saadakse sama identifikaator oli madal. Taseme läbimise aegu ei seostatud küsitlusega

## 5.2 Tulemused

Testimine toimus vahemikus 09.04.2018 - 28.04.2018. Automaatselt koguti ajad 31 testijalt, küsitlusele vastajaid oli 18. Kõikidel küsitluse vastajatel oli eelnev kogemus esimeses isikus mängude või nuputamismängudega, enamusel oli kogemus mõlemaga. Kogutud aegadest (Lisa VIII) näis, et pärast sissejuhatavat taset läbis esimese taseme vaid 17 testijat ja teise taseme 3 testijat. Küsitlus toetas seda tulemust. Üks testija väitis küsitluses, et läbis kõik tasemed, kuid seda kogutud aegadest näha ei olnud. Selle põhjus võis olla, et vastajal ei olnud mängimise ajal internetiühendust, seega otsustati tema vastuseid mitte eemaldada.

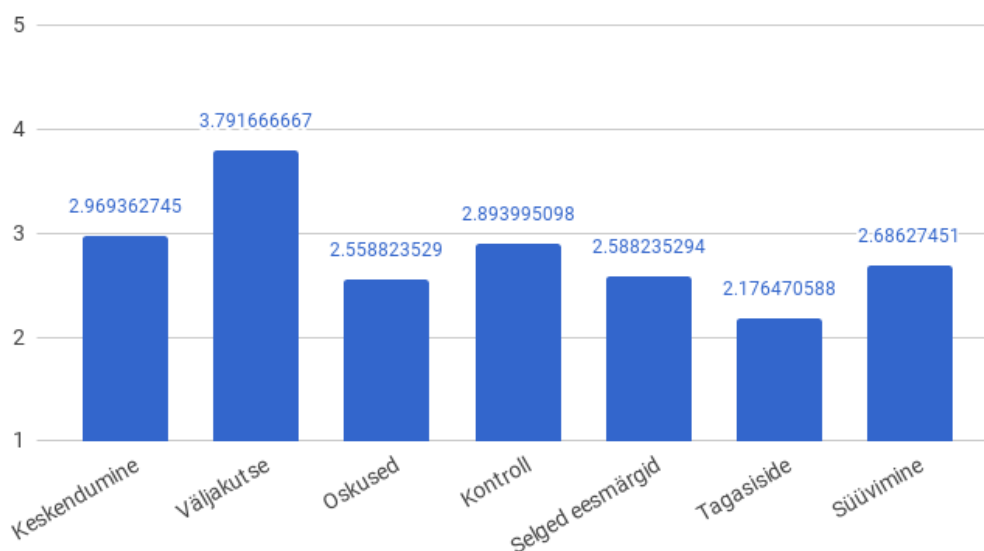
Kuna ei kogutud aegu kelleltki, kes läbis rohkem kui kolm taset, siis terve mängu kohta järeldusi teha ei saa. Tabelist 1 on näha et sissejuhataval tasemel kulus tüki paigutamiseks kõige kauem aega. See on mõistetav, sest sellel tasemel olid mängijate oskused madalad. Näib, et teisel tasemel kulutati iga tüki paigutamiseks keskmiselt pool minutit vähem kui teisel tasemel. Kui võrrelda ainult neid, kes läbisid kolm taset, siis on keskmiselt tüki paigutamiseks kulutatud aeg mõlemal tasemel võrdne (Lisa VIII). See on erinev

oodatud tulemusest, et tükide paigutamise keerukuse kasvades kulub nende paigutamiseks rohkem aega. On võimalik, et tükide paigutamist sellel tasemel tegi kiiremaks sprintimise tegevus.

Tabel 1. Automaatselt kogutud aegade kokkuvõte.

	Sissejuhatav tase	Tase 1	Tase 2
<b>Keskmine aeg</b>	4m 14s	8m 14s	11m 11s
<b>Läbijaid</b>	31	17	3
<b>Liikuvaid tükke</b>	1	3	5
<b>Aeg tüki kohta</b>	4m 14s	2m 44s	2m 14s

Kogutud aegadest rohkem sai infot küsitluse vastustest. Lisaks hinnetele mänguvoo mudeli tingimuste täitmise kohta, andsid kasutajad ka tekstilist tagasisidet. Tekstilises tagasisides toodi välja mitmeid probleeme, mis mängu nauditavust vähendasid. Küsitluse vastused ja nende põhjal tingimustele leitud hinned on toodud lisa VIII. Mänguvoo mudeli põhjal hinde arvutamiseks leiti kõigepealt iga tingimuse hinnete keskmine. Igale elemendile vastavate tingimuste hinnete keskmine on selle elemendi hinne (Tabel 17). Elementide hinnete keskmine on terve mängu hinne.



Joonis 17. Mänguvoo mudeli elementide hinned.

Oma esialgsel kujul ei ole mänguvoo mudel mõeldud mistahes mängu nauditavuse hindamiseks. Põhiliselt seetõttu, et see ei arvesta konkreetse mängu eripäradega. (Sweetser & Wyeth, 2005) Kuigi mudelit kohandati töö käigus loodud mängu jaoks peatükis 5.1 toodud tingimuste välja jätmisega, tõlgendatakse mudeli põhjal arvatud hinnet kui mängu vastavust mudelile, mitte kui mängu nauditavust.

Mänguvoo mudeli põhjal arvatud hinne oli 2,8. See tähendab, et mängu vastavus mudelile oli keskmine. Kuna mudeliga mängu nauditavust hinnata ei saanud, paluti kasutajatel hinnata mängu skaalal ühest kümneni. Selle põhjal saadi hindeks 5,2 ehk samuti keskpärane tulemus. Mänguvoo mudeli elementide ja tingimuste hinded näitavad, millele tuleks nauditavuse suurendamiseks tähelepanu pöörata.

Hinne kaks tähendas mänguvoo skaalal, et tingimus oli täidetud, kuigi alla keskmise. Ainus mänguvoo tingimus, mis sai küsitluse põhjal hindeks alla kahe punkti oli mehaanikate õpitavus (tingimus C.7) tulemusega 1,9. Seega täideti kõik mänguvoo tingimused, mida plaaniti täita, peale ühe.

Elementide hinded annavad tulemusest kokkuvõtliku ülevaate. Jooniselt 17 on näha, et kõige parema hinde sai väljakutse element (element B). Madalaima tulemuse sai tagasiside element (element F). Järgnevates alapeatükkides kirjeldatakse, kuidas saaks mängu paremaks teha. Keskendutakse madalaimad tulemused saanud mänguvoo elementidele: tagasiside, oskused ja selged eesmärgid.

### **5.2.1 Tagasiside - mänguvoo element F**

Tagasiside elemendi tingimuste parem täitmine suurendaks tõenäoliselt oluliselt mängu nauditavust, sest tagasiside andmine on hea mõistatuse omadus (Peatükk 3.1). Selle elemendi tingimuste parem täitmine lahendaks ka paar tekstilistes vastustes kirjeldatud probleemi.

Üks vastaja ei saanud teisest tasemest edasi, kuigi kõik tükid olid õiges asukohas. Suure tõenäosusega oli üks neist valesti pööratud. Teisele vastajale tundus kolmandal tasemel, et tükid asetustid pärast lahti laskmist valesse kohta. Ka see oli suure tõenäosusega põhjustatud sellest, et tükid olid vale nurga all ja kui need õigesse kohta liikusid, näis nagu oleks need paigast ära. Mõlemad probleemid lahendaks see, kui lisaks õigele asukohale antaks tagasisidet selle kohta, kas tükk on õigesti pööratud (tingimus F.1).

Ühes kommentaaris soovitati näidata mängijale mitu tükki on paigas ja mitu on üldse



tasemel. Selle võiks lisada näiteks pealistusele. Siis teaksid mängijad täpsemalt, mis nende seis on (tingimus F.3). See võiks vähendada olukordi, kus mängijad arvavad, et mõistatus on lahendatud, kui see seda tegelikult ei ole.

Mängijatele tundus, et nad ei saanud enda tegevustele piisavalt kohest tagasisidet (tingimus F.2). Seda võib parandada, kui lisada rohkem heli- või pealistusefekte. Võiks märku anda näiteks tüki kinni jäämisest või sellest, kui mängija hakkab kuskilt alla kukkuma. Viimane oleks eriti kasulik, sest kasutajal võib olla seda keeruline märgata, kui tükk ta vaadet varjab.

### **5.2.2 Oskused - mänguvoo element C**

Oskuste element sai samuti madalaid hindeid. Siin on tõenäoliselt probleem sissejuhatavas tasemes. Mitu vastajat kommenteeris, et sissejuhatatus ei olnud nende jaoks mängima õppimiseks piisav. Samas arvas üks vastaja, et sissejuhatava taseme keerukus tegi õppimise tasuvamaks. Kuna ligi pooled testijaid sissejuhatavast tasemest kaugemale ei jõudnud, siis oleks mõistlik see ümber teha.

Tingimus C.7, mehaanika peab olema lihtsasti õpitav, oli kõikidest mänguvoo tingimustest kõige halvemini täidetud. See võis tulla sellest, et sissejuhatavas tasemes ei olnud mehaanikat piisavalt lihtsustatud. Kohendamisrežiimi sisse toomine ei olnud selles tasemes veel tingimata vajalik. Võimalik lahendus oleks sissejuhatavas tasemes õpetada vaid liigutamist ja kiikamist ning viia kohendamisrežiimi õppimine esimesse tasemesse (tingimus C.4).

### **5.2.3 Selged eesmärgid - mänguvoo element E**

Selge eesmärk oli samuti hea mõistatuse omadus (Peatükk 3.1). Iga tase on mõistatus, seega on oluline, et mängija tunneks ära vahepealse eesmärgi ehk taseme mustri (tingimus E.2). Mängija tähelepanu tuleks juhtida sellele, et muster on nähtav ruumi seintel. Seda võib teha näiteks sissejuhatavas tasemes Vaatleja abil.

Sellest, et mängija tunneb ära taseme mustri, piisab tingimuse E.2 täitmiseks ainult siis, kui ta teab, et peab selle kokku panema. Mängijale võiks loo abil anda põhjuse, miks on kõikide mustrite kokkupanek vajalik. See muudaks ühtlasi selgemaks mängu läbiva eesmärgi (tingimused E.1). Läbiv eesmärk võiks olla näiteks vabadusse pääsemine ja kokku pandud muster on värav, mis lubab Vaatlejal mängijat endaga kiikamise alguses

kaasa võtta.

Kõiki mänguvoo tingimusi saaks täita paremini. Esimesena tuleks sisse viia parandused kõige halvemini täidetud tingimustele. Selle jaoks tuleks lihtsustada mehaanikat esimestel tasemetel, anda mängijale rohkem tagasisidet ja tutvustada sissejuhatavas tasemes selgemalt mängu eesmärki.

## 6 Kokkuvõte

Käesolevas töös kasutati mänguvoo mudelit, et luua peeglite kasutamisel põhinev arvutimäng. Selle jaoks pakuti välja seitse peeglitel põhinevat mängumehaanikat. Kirjeldati mehaanikaid, mis võimaldaksid luua peegeldustel põhinevaid mõistatusi, kasutaksid peegleid portaalidena või lubaksid peegeldusel ja selle omanikul üksteisega interakteeruda. Iga mehaanika juures hinnati, kas selle kasutamine võimaldaks täita mänguvoo mudeli tingimusi ja kas see oleks loodavale mängule sobiv põhimehaanika.

Loodi viiest tasemest koosnev mäng, mille põhimehaanika on peegelduse abil mustrite kokku panemine. Töös kirjeldatakse kõiki mängu elemente ja nende seost mänguvoo mudeliga. Antakse ülevaade tasemetest disainist ja sellest, kuidas tehtud valikud täidavad mänguvoo mudeli tingimusi. Iga taseme kohta on toodud lühike ülevaade selle sisust ja erinevustest eelnevate tasemetega.

Pärast mängu valmimist viidi läbi kasutajatestimine. Testimise tulemustest selgus, et täideti kõik mänguvoo tingimused, mida plaaniti loodava mänguga täita, peale ühe. Töö vastavus mänguvoo mudelile oli keskmine. Mängijate üldine hinne mängule oli samuti keskmine. Testimine mänguvoo mudeli põhjal võimalds teha järeldusi selle kohta, kuidas saaks kasutajakogemust paremaks teha. Leiti, et tõenäoliselt parendaks mängukogemust see, kui anda mängijale rohkem tagasisidet ja teha mängu õppimine lihtsamaks.

Kuigi kõik seatud eesmärgid said suuremas osas täidetud, oleks loodud mäng võinud olla kasutajate jaoks nauditavam. Mõningaid puudusi oli ka valitud testimise meetodil. Meetod sobis hästi mänguvoo mudeli tingimuste täitmise hindamiseks, kuid paljud testijad läbisid vaid sissejuhatava taseme. Viimaste tasemetega kohta oleks saanud tagasisidet, kui mängu oleks lisaks testitud kontrollitud keskkonnas.

Edaspidi on töö autoril plaanis jätkata loodud mängu arendamist. Mängu püütakse teha paremaks vastavalt peatükis 5 kirjeldatud viisidele. Võimalusel testitakse parandusi kasutajatel. Hetkel ei ole plaanis implementeerida teisi töös kirjeldatud mehaanikaid, kuid pole välistatud, et seda kunagi tehakse.

## Viidatud kirjandus

(2018). *Template Matching*. (05.05.2018).

URL [https://docs.opencv.org/master/de/da9/tutorial\\_template\\_matching.html](https://docs.opencv.org/master/de/da9/tutorial_template_matching.html)

Ever, K. (2017). *Keskkondade vaheliste portaalide algoritm ja selle kasutamine arvuti-mängus*. Master's thesis, Tartu Ülikool.

Niedenthal, S. (2009). What we talk about when we talk about game aesthetics. In *Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*. (08.05.2018).

URL <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/09287.17350.pdf>

Quin, H., Rau, P.-L. P., & Salvendy, G. (2009). Measuring player immersion in the computer game narrative. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25. (07.05.2018).

URL <https://doi.org/10.1080/10447310802546732>

Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play - Game Design Fundamentals*. Massachusetts: The MIT Press.

Schell, J. (2008). *The Art of Game Design*. USA: Morgan Kaufmann Publishers.

Sicart, M. (2008). Defining game mechanics. *Game Studies*, 8. (05.05.2018).

URL <http://gamestudies.org/0802/articles/sicart>

Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). Gameflow: a model for evaluating player enjoyment in games. *Computers in Entertainment*, 3. (05.05.2018).

URL <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1077253>

# Lisad

## I. Sõnastik

1. **Renderdamine** (*rendering*) – Graafilise mudeli teisendamine kujule, mida saab ekraanil kuvada.
2. **Funktsionaalne peegel** – Arvutiga renderdatud peegel, mis vähemalt osaliselt peegeldab ümbritsevat keskkonda sarnaselt ehtsale peeglile.
3. **Mängu element** – kategooria, kuhu mängu komponent võib kuuluda.
4. **Mehaanikate element** – Kategooria, kuhu kuuluvad mängu komponendid, mis määravad mängija tegevused ja tagajärjed mängus.
5. **Loo element** – Kategooria, kuhu kuuluvad mängu komponendid, mis muudavad mängu vähem abstraktseks.
6. **Esteetika element** – Kategooria, kuhu kuuluvad mängu komponendid, mida mängija oma meeltega tajub.
7. **Tehnoloogiate element** – Kategooria, kuhu kuuluvad mängu komponendid, mille kaudu avalduvad ülejäänud mängu elemendid.
8. **Põhimehaanika** (*core mechanic*) – Tegevused, mida kasutatakse korduvalt, et saavutada tasuv lõppseis.
9. **Tegevuse eeldus** – Mehaanika, mida on vaja tegevuse toimumiseks.
10. **Voog** (*flow*) – Seisund, kus inimene tunneb end täielikult kaasa haaratuna käsil olevast tegevusest.
11. **Voo mudel** – Mihaly Csikszentmihalyi poolt loodud mudel, mis kirjeldab voo saavutamiseks vajalikke tingimusi.
12. **Mänguvoo mudel** (*GameFlow model*) – Mudel, mille Sweetster ja Wieth said kohandades Voo mudelit arvutimängude nauditavuse hindamiseks.

13. **Domineeriv strateegia** (*dominant strategy*) – Lihtsaim viis mängus edu saavutamiseks ning enamasti garanteerib võidu.
14. **Mõistatus** (*puzzle*) – Probleem, mille eesmärk on leida domineeriv strateegia.
15. **Nuputamismäng** (*puzzle-game*) – Mäng, mille põhirõhk on mõistatuste lahendamisel. Koosneb enamasti paljudest sarnase mehaanikaga mõistatustest.
16. **Tegevusmäng** (*action-game*) – Mäng, kus põhirõhk on tegevustel, mille edukaks sooritamiseks on vaja koordineerimist, kiiret reageerimist.
17. **Pealistus** (*overlay*) – Kahemõõtmeline mängu objekt, mille abil joonisatakse mänguvaate peale teksti ja pilte.
18. **Võrestik** (*mesh*) – Kombinatsioon tippudest ja servadest mis defineerib 3D objekti kuju.
19. **Kuupkujutamine** (*cube mapping*) – Arvutigraafikas kasutatav tehnika ligikaudsete peegelduste leidmiseks. Selle käigus salvestatakse keskkonnast kuubikujuline kujutis.
20. **Varjutaja** (*shader*) – Programm, mis määrab objekti kujutamiseviisi.
21. **Tekstuur** (*texture*) – Arvutigraafikas rakendatud pilt, mida kasutatakse mudeli pinna välimuse määramiseks

## **II. Mäng**

Mäng asub tööga kaasas olevas arhiivis „KaasnevadFailid.zip“ kaustas „Mäng“.

Mängu võib leida ka aadressil <https://1drv.ms/f/s!Atcer5jj2pxn1HQn93gw6FhxcC4T>.

### **III. Lähtekood**

Mängu lähtekood on kättesaadav aadressil <https://github.com/kerstinakke/baka>



## IV. Mängu käivitusjuhend

Paki lahti lisa „KaasnevadFailid.zip“. Ava kaust Mäng. Käivita fail „evilQueen.exe“.

Avanunud aknas vali sobiv seadistus ja vajuta nuppu „Play“.

Nõuded riistvarale:

- Protsessor: Intel(R) Core(TM) i5-4200U
- Graafikakaart: Intel(R) HD Graphics Family
- Muutmälu maht: 8 GB
- Operatsioonisüsteem: Windows 10 või uuem

## V. Mängu kasutusjuhend

Eesmärk: koosta peeglisse taseme seintel näidatud muster

### Tavalise ja hoidmisrežiimi kontrollid

W	Liigu edasi
A	Liigu vasakule
S	Liigu tagasi
D	Liigu paremale
Tühik	hüppa
Shift	sprindi
F	hoia all, et kiigata
Vasak hiireklahv	alusta või lõpeta millegi hoidmist
R	Kui midagi on hoitud, siis käivita kohendamisrežiim

### Kohendamisrežiimi kontrollid

Q/E/A/D	pööra objekti
W	liiguta objekti üles
S	liiguta objekti alla
R	Lahku kohendamisrežiimist

## VI. Mänguvoo mudel

Ingliskeelne mänguvoo mudel nagu see on toodud Sweetser & Wyeth (2005) töös.

Element	Criteria
<b>Concentration</b> Games should require concentration and the player should be able to concentrate on the game	<ul style="list-style-type: none"><li>- games should provide a lot of stimuli from different sources</li><li>- games must provide stimuli that are worth attending to</li><li>- games should quickly grab the players' attention and maintain their focus throughout the game</li><li>- players shouldn't be burdened with tasks that don't feel important</li><li>- games should have a high workload, while still being appropriate for the players' perceptual, cognitive, and memory limits</li><li>- players should not be distracted from tasks that they want or need to concentrate on</li></ul>
<b>Challenge</b> Games should be sufficiently challenging and match the player's skill level	<ul style="list-style-type: none"><li>- challenges in games must match the players' skill levels</li><li>- games should provide different levels of challenge for different players</li><li>- the level of challenge should increase as the player progresses through the game and increases their skill level</li><li>- games should provide new challenges at an appropriate pace</li></ul>

<p><b>Player Skills</b></p> <p>Games must support player skill development and mastery</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- players should be able to start playing the game without reading the manual</li> <li>- learning the game should not be boring, but be part of the fun</li> <li>- games should include online help so players don't need to exit the game</li> <li>- players should be taught to play the game through tutorials or initial levels that feel like playing the game</li> <li>- games should increase the players' skills at an appropriate pace as they progress through the game</li> <li>- players should be rewarded appropriately for their effort and skill development</li> <li>- game interfaces and mechanics should be easy to learn and use</li> </ul>
--	---

<p><b>Control</b></p> <p>Players should feel a sense of control over their actions in the game</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- players should feel a sense of control over their characters or units and their movements and interactions in the game world</li> <li>- players should feel a sense of control over the game interface and input devices</li> <li>- players should feel a sense of control over the game shell (starting, stopping, saving, etc.)</li> <li>- players should not be able to make errors that are detrimental to the game and should be supported in recovering from errors</li> <li>- players should feel a sense of control and impact onto the game world (like their actions matter and they are shaping the game world)</li> <li>- players should feel a sense of control over the actions that they take and the strategies that they use and that they are free to play the game the way that they want (not simply discovering actions and strategies planned by the game developers)</li> </ul>
<p><b>Clear Goals</b></p> <p>Games should provide the player with clear goals at appropriate times</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- overriding goals should be clear and presented early</li> <li>- intermediate goals should be clear and presented at appropriate times</li> </ul>
<p><b>Feedback</b></p> <p>Players must receive appropriate feedback at appropriate times</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- players should receive feedback on progress toward their goals</li> <li>- players should receive immediate feedback on their actions</li> <li>- players should always know their status or score</li> </ul>

<p><b>Immersion</b></p> <p>Players should experience deep but effortless involvement in the game</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- players should become less aware of their surroundings</li> <li>- players should become less self-aware and less worried about everyday life or self</li> <li>- players should experience an altered sense of time</li> <li>- players should feel emotionally involved in the game</li> <li>- players should feel viscerally involved in the game</li> </ul>
<p><b>Social Interaction</b></p> <p>Games should support and create opportunities for social interaction</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- games should support competition and cooperation between players</li> <li>- games should support social interaction between players(chat, etc.)</li> <li>- games should support social communities inside and outside the game</li> </ul>

## **VII. Testimise küsitlus**

Testimise küsitlus asub tööga kaasas olevas arhiivis „KaasnevadFailid.zip“ failis „Küsitlus.pdf“

## VIII. Testimise tulemused

Testimise tulemused asuvad tööga kaasas olevas arhiivis „KaasnevadFailid.zip“ kaustas „TestimiseTulemused“. Kaustas on kaks faili järgneva sisuga:

- A. „AutomaatsedKorrastatud.txt“ – Automaatselt kogutud ajad. Eemaldatud on ajad, mis saadi taseme kordamisel.
- B. „KüsitluseVastused.pdf“ – Mängu testimise küsitluse (Lisa VII) vastused ja nende põhjal arvutatud hinded.



## **IX. Litsents**

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Kerstin Äkke**,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

#### **Peeglite kasutamine arvutimängus**

mille juhendaja on Raimond-Hendrik Tunnel

- 1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 13.05.2018